



Streszczenia referatów
konferencyjnych

48. Zjazd Fizyków Polskich

Gdańsk, 1-7 września 2023 r.

Streszczenia referatów
konferencyjnych

TYTUŁ

48. Zjazd Fizyków Polskich

Gdańsk, 1-7 września 2023 r.

Streszczenia referatów konferencyjnych

REDAKCJA

Jarosław Rybicki

SKŁAD

Szymon Winczewski

POLITECHNIKA GDAŃSKA
GDAŃSK 2023

e-ISBN 978-83-962260-9-9

48. Zjazd Fizyków Polskich

ORGANIZATORZY

Polskie Towarzystwo Fizyczne, Oddział Gdańsk
Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki Uniwersytetu Gdańskiego
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej
Polskie Towarzystwo Fizyczne

PATRONAT HONOROWY

JM Rektor Politechniki Gdańskiej
JM Rektor Uniwersytetu Gdańskiego
Związek Uczelni w Gdańsku im. Daniela Fahrenheita
Pomorski Kurator Oświaty
Prezydent Miasta Gdańsk
Marszałek Województwa Pomorskiego
Wojewoda Pomorski

PATRONAT MEDIALNY

TVP Nauka
TVP3 Gdańsk
Radio Gdańsk
Świat Nauki
Pulsar - portal popularnonaukowy
Wiedza i Życie

KOMITET HONOROWY

prof. Teresa Rząca-Urban, Prezes PTF
prof. Leszek Sirko, Prezes PTF w latach 2018-2021
prof. Katarzyna Chałasińska-Macukow, Prezes PTF w latach 2014-2017
prof. Mirosław Karpierz, Przewodniczący Komitetu Fizyki PAN
prof. Kazimierz Wiatr, Senator RP, Przewodniczący Komisji Nauki, Edukacji i Sportu
prof. Krzysztof Wilde, Rektor Politechniki Gdańskiej, członek korespondent PAN
prof. Piotr Stepnowski, Rektor Uniwersytetu Gdańskiego
prof. Marcin Gruchała, Rektor Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego
prof. Adriana Zaleska-Medynska, Dyrektor Związku Uczelni w Gdańsku im. Daniela Fahrenheita
mgr Małgorzata Bielang, Pomorska Kurator Oświaty

KOMITET PROGRAMOWY

prof. Piotr Bojarski (współprzewodniczący)
prof. Józef E. Sienkiewicz (współprzewodniczący)
prof. Konrad Banaszek
prof. Józef Barnaś
prof. Piotr Doerffer
prof. Ryszard Drozdowski
prof. Ryszard Horodecki
prof. Jacek Jemielity
prof. Grzegorz Karczewski
prof. Marek Krośnicki
prof. Andrzej Królak
prof. Adam Maj
prof. Aneta Mika
prof. Paweł Możejko
prof. Ryszard Naskręcki
prof. Maciej Nowak
prof. Wiesław Nowak
prof. Czesław Radzewicz
prof. Krzysztof Redlich
prof. Wojciech Sadowski
prof. Andrzej Ślebarski
prof. Krzysztof W. Wojciechowski
prof. Maciej Wojtkowski
prof. Karol I. Wysokiński
prof. Marek Żukowski

LOKALNY KOMITET ORGANIZACYJNY

Jarosław Rybicki (przewodniczący) • Beata Bochentyn • Ryszard Drozdowski
Grażyna Jarosz • Patryk Jasik • Marek Krośnicki • Aleksander Kubicki
Bogumił Linde • Joanna Gondek • Marcin Hoppe • Marcin Marciniak
Aleksandra Mielewczyk-Gryń • Marta Miotke-Wasilczyk • Paweł Możejko
Lucyna Namysł • Adam Rutkowski • Anna Rybicka • Wojciech Sadowski
Sylvia Sarniak • Paweł Syty • Justyna Szostak • Leszek Wicikowski
Szymon Winczewski • Agnieszka Witkowska • Marek Żabczyński

Organizatorzy



Patronat honorowy



JM Rektor
Politechniki Gdańskiej



JM Rektor
Uniwersytetu Gdańskiego



Patronat Honorowy
Prezydent
Miasta Gdańska



MIECZYSLAW STRUK
MARSZAŁEK
WOJEWÓDZTWA POMORSKIEGO



WOJEWODA POMORSKI
DARIUSZ DRELICH

Patronat medialny



Wsparcie finansowe

Doskonała Nauka

Zjazd uzyskał dofinansowanie z Budżetu Państwa w kwocie 50 000 zł w ramach programu Doskonała Nauka, moduł „Wsparcie konferencji naukowych”. W ramach programu wspierana jest realizacja projektów polegających na organizacji konferencji naukowych prezentujących osiągnięcia naukowe, w tym najnowsze wyniki badań naukowych lub prac rozwojowych.



Ministerstwo
Edukacji i Nauki

Carbonium Supporting Conferences

Zjazd uzyskał dofinansowanie w ramach programu IDUB Carbonium Supporting Conferences. Program wspiera budowanie międzynarodowej pozycji Politechniki Gdańskiej jako silnego ośrodka badawczego poprzez promocję środowiska naukowego uczelni i jego osiągnięć.



UCZELNIA
BADAWCZA
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI

Sponsorzy



LABSOFT



eli

NETZSCH

Proven Excellence.



gdańskie
wydawnictwo
oświatowe



PWN



Twoje mocne strony



Extreme Light Infrastructure



The Extreme Light Infrastructure (ELI ERIC) is the world's largest and most advanced collection of high-power lasers. As an international user facility dedicated to multi-disciplinary science and research applications, ELI provides access to world-class high-power, high-repetition-rate laser systems and enables cutting-edge research in physical, chemical, materials, and medical sciences, as well as breakthrough technological innovations. The ELI ERIC operates as a single multi-site organisation with complementary facilities specialised in different fields of research with extreme light.

- **ELI Beamlines** (Czech Republic) high-energy beam facility with ultra-intense laser pulses to explore extreme conditions and offer high-energy particles and X-rays.
- **ELI ALPS** (Hungary) Attosecond Light Pulse Source, offers unique time-resolved investigation possibilities for both nonrelativistic and relativistic interaction of light with all four states of matter.
- **ELI Nuclear Physics*** (Romania) focuses on laser-based nuclear physics.

*ELI NP is operated by the National Institute of Physics and Nuclear Engineering (IFIN-HH) and expected to join the ELI ERIC in the near future.

The Joint ELI User Programme, launched in 2022, makes commissioned equipment at all three ELI Facilities available to the international user community through a single point of access. Scientists are invited to submit proposals for experiments. Access is free and based on scientific excellence. The 3rd User Call will be launched in September. More information is available at the ELI User Portal.

IMPULSE



The production of this report has been supported by the IMPULSE project which receives funding from the European Union Framework Programme for Research and Innovation Horizon 2020 under grant agreement No 871161.

**More information about
ELI's scientific portfolio
and the User Access:**



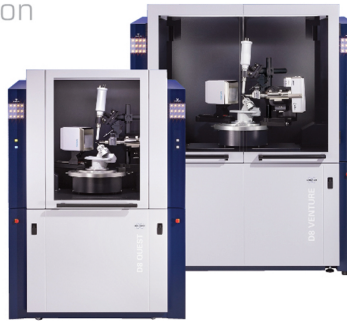
X-Ray Fluorescence

XRF S8 Tiger
S6 Jaguar
S2 Puma
S2 Polar



Single Crystal Diffraction

SCD D8 Venture
D8 Quest



X-Ray Diffraction

XRD D8 Discover
D8 Advance
D8 Endeavor
D2 Phaser



X-ray Experts

Official Distributor of Bruker AXS

CASIO®

www.kalkulatory.pl | www.educasio.pl

668 FUNKCJI

Casio fx-991CEX to kalkulator naukowy wyposażony w największą liczbę funkcjonalności na rynku.

	$\sqrt{x}$	$f(x)$	$g(x)$
1	%	-5	65
2		-4	44
3		-3	27
4		-2	14

65

STAŁE NAUKOWE

Szybki dostęp do 47 stałych naukowych.

1:Stałe uniw
2:Elektromagnet
3:Atomowo-nukl
4:Fizyczno-chem

NATURALNY ZAPIS

Kalkulatory naukowe Casio wyświetlają działania w sposób identyczny z zapisem w podręczniku.

$$\frac{3\sqrt{3}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{3} = \frac{9\sqrt{3} + 2\sqrt{2}}{6}$$



kalkulatorycasio



kalkulatorypl



OFERTA SPECJALNA DLA SZKÓŁ

Zamów więcej zgarnij rabat.

NAUCZYCIELU

Wypełnij ankietę i zgarnij kalkulator naukowy.



SYSTEM POMOCY PSYCHOLOGICZNO-PEDAGOGICZNEJ

TESTY PSYCHOLOGICZNE

DIAGNOZA UCZNIÓW I STUDENTÓW

COACHING PSYCHOEDUKACJI

SZKOLENIA



gdańskie
wydawnictwo
oświatowe



To nasz świat. Fizyka

Nowa seria do fizyki dla klas 7 i 8

Przejrzysta ► Zrozumiała ► Funkcjonalna



Więcej na fizyka.gwo.pl

Mamy sposób na fizykę!

Cykl, który obala mit, że fizyka jest przedmiotem trudnym. Pokazuje obecność zjawisk fizycznych wokół nas, co zachęca do samodzielnego eksperymentowania.



Sposób na fizykę. Zbiór zadań:

- zawiera urozmaicone zadania o różnym stopniu trudności;
- zachęca do samodzielnego eksperymentowania poprzez wykonanie zadań doświadczalnych;
- sprzyja samokształceniu dzięki testom powtórzeniowym w każdym dziale;
- zawiera odpowiedzi do wszystkich zadań, a także wskazówki do zadań o podwyższonym stopniu trudności.

NA PUBLIKACJE
WSiP DO FIZYKI

-30%*

KOD
GDN23

sklep.wsip.pl

SZKOŁA PONADPODSTAWOWA

Pomóż uczniom przenieść punkt ciężkości fizyki z obowiązku na przyjemność.

Podręczniki, dzięki którym uczniowie nauczą się obserwować zjawiska fizyczne i wskazywać zastosowanie fizyki w życiu codziennym.

ZAKRES PODSTAWOWY



ZAKRES ROZSZERZONY



Doskonałe zbiory zadań idealnym uzupełnieniem cyklu.

ZAKRES PODSTAWOWY



Zbiór zadań. Klasy 1-3

ZAKRES ROZSZERZONY



Zbiory zadań. Klasa 1,2,3,4

PWN

istnieje od 1951 r.

Działa w obszarze akademickim,
profesjonalnym i edukacyjnym.

W 2022 r. Wydawnictwo połączyło siły z PZWL
Wydawnictwem Lekarskim i Wydawnictwem Szkolnym
PWN, tworząc jedną spółkę. Razem z podmiotami takimi
jak OSDW Azymut, ePWN, SuperMemo World oraz Estate
realizuje wspólną wizję jako Grupa PWN.

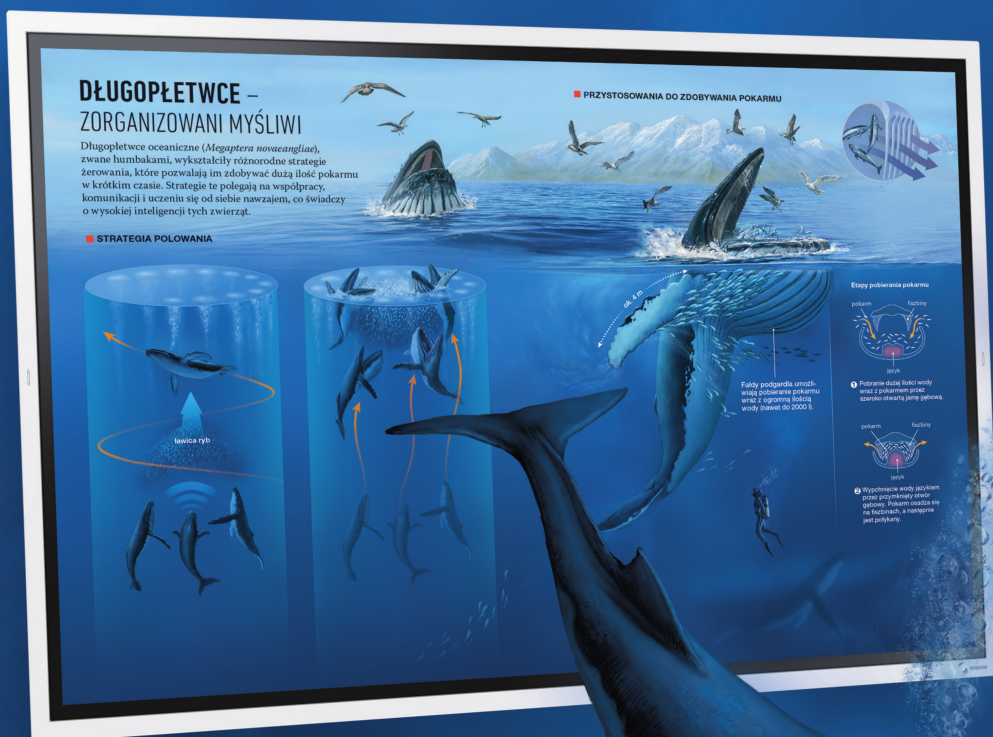
Oferta Grupy jest bardzo różnorodna – począwszy
od tradycyjnych produktów książkowych i usług dystry-
bucyjno-logistycznych przez platformy edukacyjne,
webinary dla profesjonalistów, po pierwszą w Polsce
wirtualną czytelníę książek dla klientów
instytucjonalnych – IBUK Libra.

Zobacz nasze
darmowe e-booki



Edukacja i technologia razem

Interaktywne monitory dotykowe na miarę XXI wieku



Zaufany dostawca gwarancją jakości.
Wybierz najlepiej dla swojej szkoły!

nowaera.pl/aktywnatablica

SPIS TREŚCI

F. Rusek	
<i>Hejnał 48. Zjazdu Fizyków Polskich (Fanfara na dwie/cztery trąbki)</i>	47

SESJE PLENARNE

SP1 (przew. T. Rząca-Urban)

R. Horodecki	
<i>Niezwyczajne cechy kwantowych korelacji</i>	51

J. E. Garbarczyk	
<i>1923-2023: Sto lat od pierwszego Zjazdu Fizyków Polskich</i>	53

SP2 (przew. R. Horodecki)

A. Zeilinger	
<i>A Voyage Through Quantum Wonderland</i>	55

M. Żukowski	
<i>Uwagi o kwantowym splątaniu i nierównościach Bella i teoretyczne podstawy obserwacji wielo-fotonowej interferencji</i>	56

K. Sacha	
<i>From Time Crystals to Time-tronics</i>	57

SPd (przew. A. Mielewczyk-Gryń)

P. Janowski	
<i>Kosmiczny efekt Dżanibekowa w całkiem ziemskiej szkole</i>	58

BF - Bazar Fizyczny (przew. A. Mielewczyk-Gryń)

A. Mika	
<i>Bazar Fizyczny</i>	59

K. Deja, J. Jaczewska-Özcan, M. Marcinkowska-Sanner, M. Kirejczyk, A. Skwarek <i>Fizyczne Ścieżki – konkurs dla młodych pasjonatów fizyki</i>	60
K. Deja, J. Jaczewska-Özcan, M. Marcinkowska-Sanner, M. Kirejczyk, A. Skwarek <i>Detektory dla szkół</i>	62
K. Nowakowska <i>„Zrób to sam”</i>	64
P. Perkowski <i>Zastosowanie arkusza kalkulacyjnego do rozwiązywania równań ruchu</i>	65
D. Wejer, J. Gondek <i>Escaperoom: Odkrywaj Świat Fizyki</i>	67
SP3 - Panel dyskusyjny (przew. A. Wysmołek)	
T. Greczyło, A. Kolincio, R. Naskręcki, D. Sokołowska, D. Szczepaniak, K. Turzyński, A. Wysmołek <i>Kondycja nauczania fizyki w polskich szkołach – szanse i ryzyko</i>	68
SP4 (przew. P. Bojarski)	
I. Mandal <i>New Frontiers for Interaction-Induced States</i>	69
R. Alicki <i>Układy aktywne – biała plama na mapie fizyki teoretycznej</i>	70
M. Lewitowicz <i>Nowa era fizyki jądrowej</i>	73
R. Downar-Zapolska <i>Możliwości finansowania badań w Horyzoncie Europa</i>	75
SP5 (przew. L. Sirko)	
P. Wcisło <i>Wykorzystanie ultradokładnej spektroskopii laserowej do testowania teorii kwantowej i poszukiwania nowej fizyki</i>	76
A. Maciołek <i>Długozasięgowe korelacje i ich efekty w równowagowej i nierównowagowej fizyce statystycznej</i>	77

R. Demkowicz-Dobrzański	
<i>Kotki Schroedingera na smyczy – czyli technologie kwantowe AD 2023</i>	78
SP6 (przew. W. Sadowski)	
D. Kaczorowski	
<i>Nadprzewodnictwo topologiczne</i>	79
S. Pustelny	
<i>Sensory kwantowe jako narzędzie poszukiwań fizyki</i> <i>poza Modelem Standardowym</i>	80
G. Pietrzyński	
<i>The Hubble Tension. The Evidence of New Physics?</i>	83
M. Bier	
<i>Fizyka Everestowania</i>	84
SP7 (przew. D. Makowiec)	
K. Pachucki	
<i>Problem dwóch ciał w relatywistycznej teorii kwantowej</i>	85
I. Grabowska-Bold	
<i>LHC jako zderzacz fotonów, wyniki eksperymentu ATLAS</i>	86
M. Zawadzki	
<i>Procesy towarzyszące zderzeniom niskoenergetycznych elektronów z drobinami</i> <i>w fazie gazowej</i>	87
SP8 (przew. W. Tomin)	
T. Domański	
<i>Nadprzewodnictwo układów nanoskopowych</i>	88
K. Grebieszko	
<i>Badanie diagramu fazowego silnie oddziałującej materii</i>	89
M. Z. Cieplak	
<i>Orbital Selective Localization and Other Unusual Phenomena</i> <i>in Iron Chalcogenides</i>	92
SP9 (przew. M. Zubek)	
M. Parniak	
<i>Kwantowo-optyczne przetwarzanie i konwersja sygnałów przy pomocy</i> <i>atomów</i>	93

B. Grządkowski	
<i>Problemy Modelu Standardowego oddziaływań fundamentalnych oraz ich możliwe rozwiązania</i>	95

K. Mikulski	
<i>Przodkowie i najbliżsi Mikołaja Kopernika</i>	96

SESJE RÓWNOLEGŁE

SR1A - Popularyzacja fizyki (przew. A. Mika, W. Nawrocik)

E. Szewc	
<i>Strategia pracy z projektami</i>	101

P. Sułkowski	
<i>Zapytaj fizyka</i>	102

J. Jarosz	
<i>Ogólnopolski Klub Demonstratorów Fizyki – narzędzia popularyzacji nauk przyrodniczych</i>	103

A. Buczek	
<i>Jak przygotować popularyzatorski pokaz fizyczny?</i>	105

G. Musiał	
<i>Festiwale, konkursy naukowe, webinaria i ich znaczenie dla popularyzacji fizyki w Polsce</i>	107

SR1B - Materiały dwuwymiarowe: własności topologiczne i magnetyczne (przew. J. Barnaś)

T. Dietl	
<i>Fizyka kwantowego spinowego zjawiska Halla</i>	109

P. Kossacki	
<i>Rozdzielona w czasie spektroskopia atomowo cienkich warstw półprzewodnikowych</i>	111

A. Dyrdał	
<i>Magnetyczne, transportowe i topologiczne własności struktur van-der-Waalsa</i>	112

M. Krawczyk	
<i>Dynamika topologicznie i energetycznie stabilnych solitonów magnetycznych</i>	114

SR1C - Infrastruktura badawcza (przew. M. Stankiewicz)

J. Szlachetko

*Narodowe Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS:
infrastruktura badawcza dla nauki i przemysłu* 116

N. Witzanyová, H. Fiedorowicz

*Extreme Light Infrastructure (ELI ERIC) – laserowa infrastruktura badawcza
dla nauki i współczesnej technologii* 117

R. Sobierajski, W. Gawęda, K. Jarzemska, R. Kamiński, M. Kozak,

J. Kubicki, D. Milewska, A. Glinka

*Rentgenowskie lasery na swobodnych elektronach (XFEL) – nowe światło
dla nauk przyrodniczych* 119

SR2A - Nauczanie fizyki (przew. A. Mika, W. Zawadzki)

A. Wysmołek

*Kto będzie uczył fizyki w szkole? – propozycje PTF przeciwdziałania zapaści
kadrowej* 121

A. Mika

O maturze z fizyki słów kilka 122

J. Gondek

Nauczanie fizyki... czyli czego? 124

A. Kaczorowska

*Fizyka dla szkoły ponadpodstawowej na Zintegrowanej Platformie
Edukacyjnej* 125

W. Zawadzki

*Jak przygotować ucznia do udziału w Olimpiadzie Fizycznej i innych
konkursach* 126

SR2B - Kwantowe zjawiska w materii topologicznej (przew. A. Ślebarski)

P. Wiśniewski

*Semimetale topologiczne, ale nie tylko, i niezwykła różnorodność ich
własności elektronowych* 127

I. Weymann

Majorana Quasiparticles in Transport Through Hybrid Nanostructures 128

R. Buczko	
<i>Topologiczne fazy pasm elektronowych wąskoprzerwowych półprzewodników IV-VI, ich nanostruktur i defektów</i>	129
N. Sedlmayr	
<i>Non-Equilibrium Properties of Topological Matter</i>	130
SR2C - Fizyka komputerowa (przew. K. W. Wojciechowski)	
K. W. Wojciechowski	
<i>Symulacje Monte Carlo współczynnika Poissona w prostych modelach metamateriałów mechanicznych</i>	131
J. W. Narojczyk	
<i>The Changes of Auxeticity in Hard Sphere Cubic Crystals with Selected Inclusions of Hard Spheres with Different Diameters</i>	133
K. Tretiakov	
<i>Czy komórki nowotworowe wykonują ruchy Lévy'ego?</i>	135
S. Pieprzyk	
<i>Określanie właściwości fizycznych za pomocą numerycznej analizy tekstur ciekłokrystalicznych</i>	136
M. Bobrowski, S. Ibragimov, L. Komando	
<i>Ferrofluidy oparte o ciecz jonowe i nanocząstki ferromagnetyczne. Właściwości redoks</i>	137
SR3A - Fizyka stosowana (przew. B. Augustyniak)	
N. Witzanyová, Z. Fülöp	
<i>The Extreme Light Infrastructure ERIC</i>	138
P. Wróbel	
<i>Innowacyjne rozwiązania Bruker AXS do analizy XRD</i>	139
B. Augustyniak	
<i>NNT sp. z o.o. czyli droga fizyków od pomysłu do przemysłu</i>	140
P. Doerffer	
<i>Mała energetyka wiatrowa – inspiracja dla innowacyjnych rozwiązań</i>	141
SR3B - Prezentacje wydawców (przew. B. Bochentyn)	
P. Szwocha	
<i>To nasz świat. Fizyka – wartościowa alternatywa w nauczaniu fizyki na poziomie szkoły podstawowej</i>	142

T. Greczyło	
<i>Czytaj, myśl i działaj – dlaczego warto pracować na lekcjach różnymi metodami. Sposób na fizykę od WSiP.....</i>	143
G. F. Wojewoda	
<i>Wszystko drga – dwa opisy ruchu drgającego</i>	144
SR3C - Prezentacje wybranych plakatów - Sesja dydaktyczna (przew. J. Gondek)	
P. Piskorski	
<i>Wykorzystanie kalkulatorów w edukacji.....</i>	145
A. Zięba	
<i>Dopasowanie prostej do punktów z niepewnościami dla obydwu współrzędnych. Nowe wyniki dla problemu zapoczątkowanego w XIX wieku</i>	147
P. Kamiński	
<i>Wyzwania, przed jakimi stoją uczniowie, studenci oraz nauczyciele przedmiotów ścisłych w kontekście nauczania osób ze specjalnymi potrzebami.....</i>	150
G. Bergmański	
<i>Wirtualne laboratoria fizyczne w edukacji szkolnej i wyższej.....</i>	151
M. Warda	
<i>Pogotowie Przedmaturalne z Fizyki na UMCS w Lublinie</i>	153
P. Zieliński	
<i>Spontaniczne łamanie symetrii: tekstury w przyrodzie, sztukach plastycznych i muzyce</i>	155
R. J. Barczyński	
<i>Wiek XX wiekiem elektroniki – początki: lampa elektronowa</i>	157
J. Rybicki	
<i>O błędnym używaniu i nadużywaniu terminologii z zakresu nauk ścisłych</i>	158
SR4A - Krajobraz fizyki jądrowej (przew. A. Maj)	
M. Kowal	
<i>Współczesna teoria nisko-energetycznej fizyki jądrowej w Polsce</i>	159
M. Kmiecik	
<i>Panorama egzotycznych wzbudzeń jąder atomowych</i>	160

K. Hadyńska-Klęk	
<i>Studium deformacji jądrowych narzędziami spektroskopii gamma</i>	161
E. Stephan	
<i>Oddziaływania i symetrie badane w reakcjach jądrowych</i>	162
P. Salabura	
<i>Wyzwania i nowe możliwości dla polskiej nauki w ośrodku FAIR</i>	163
SR4B - Fizyka dla medycyny (przew. M. Wojtkowski)	
P. Moskal	
<i>Pierwszy obraz pozytonium mózgu człowieka.....</i>	164
K. Krawiec	
<i>Uczenie maszynowe w obrazowaniu medycznym: przegląd stanu obecnego i perspektyw.....</i>	166
M. Trusiak	
<i>Obliczeniowa mikroskopia fazowa: metody i zastosowania</i>	167
J. Guzowski	
<i>Miękka materia ziarnista: od metod wytwarzania i samoorganizacji w mikroprzepływach do nowych technologii w inżynierii tkankowej</i>	168
SR4C - Uczenie maszynowe w fizyce (przew. B. Lesyng)	
M. Bukowicki, A. Kalinowski, B. Lesyng, Sz. Nowakowski, P. Olbratowski, A. Śliwińska	
<i>Metody uczenia maszynowego w naukach przyrodniczych</i>	169
M. Bukowicki, A. Śliwińska	
<i>Głębokie sieci neuronowe w analizie obrazów na przykładzie projektów realizowanych w Centrum Uczenia Maszynowego UW.....</i>	170
E. K. Nawrocka, D. Dahan, K. Kazimierczuk, P. Olbratowski	
<i>Sieci neuronowe w spektroskopii jądrowego rezonansu magnetycznego</i>	171
A. Łukasik, M. Koliński, Sz. Nowakowski, B. Lesyng	
<i>Zastosowanie metod uczenia maszynowego oraz gruboziarnistej mechaniki i dynamiki molekularnej w badaniach białka biorącego udział w inicjacji cytokinowej burzy COVID-19</i>	173
SR5A - Niekonwencjonalne nadprzewodnictwo i silne korelacje (przew. K. I. Wysokiński)	
J. Spałek	
<i>Silne korelacje elektronowe i niekonwencjonalne nadprzewodnictwo</i>	175

T. Klimczuk	
<i>Nadprzewodnictwo w niecentrosymetrycznych związkach boru MRh_2B_2 i MIr_2B_2 ($M = Nb, Ta$)</i>	176
T. Cichorek	
<i>Badania parametru porządku w potencjalnych nadprzewodnikach chiralnych w oparciu o pomiary lokalnego namagnesowania</i>	178
W. Tabiś	
<i>Nadprzewodniki miedziowo-tlenowe: układy o dwóch podsystemach elektronowych</i>	180
SR5B - Nanobiofizyka (przew. W. Nowak)	
M. Lekka	
<i>How Mechanical Forces Affect Bladder Cancer Progression</i>	181
K. Mikulska-Rumińska	
<i>Towards Understanding the Molecular Mechanism of Inhibiting Ferroptotic Cell Death by Targeting Lipoygenases</i>	182
S. Maćkowski	
<i>Nanodrut srebrowe w optycznej sensoryce plazmonowej i zdalnej fotokatalizie</i>	183
M. Sikora	
<i>Protein Flexibility and Glycan Dynamics of the SARS-CoV-2 Spike</i>	185
W. Lewandowski	
<i>Chiralne nanomateriały w bioanalizie i medycynie</i>	186
J. Dziedzic, A. Bhandari, C.-K. Skylaris	
<i>Minimal-Parameter Implicit Solvent Model for Large-Scale DFT Calculations</i>	188
SR5C - Optyka kwantowa (przew. K. Banaszek)	
P. Gładysz, K. Słowik	
<i>Nonlinear Scaling of Rabi Frequency with Driving Electric Field in Polar Quantum Systems</i>	189
A. Musiał	
<i>Źródła nieklasycznych stanów światła na bazie epitaksjalnych kropek kwantowych emitujących w zakresie telekomunikacyjnym</i>	191

A. Opala	
<i>Kwantowe płyny światła jako nowa platforma do realizacji neuromorficznych układów obliczeniowych</i>	193
K. Bartkiewicz, P. Tulewicz	
<i>Machine Learning with Quantum Optics</i>	195
 Prezentacje wybranych plakatów - Sesja naukowa (przew. P. Syty, S. Winczewski)	
W. Błachucki, J. Szlachetko, C. Arrell	
<i>Pomiar czasu przybycia ultrakrótkich impulsów rentgenowskich z dokładnością femtosekundową</i>	196
M. Kowalczyk	
<i>Femtosekundowe lasery Cr:ZnS/Se – następca Ti:sapphire?</i>	198
A. Gadomski, N. Kruszewska, P. Beldowski, J. Siódmiak	
<i>Quo vadis obliczeniowa fizyka miękkiej materii (nie)ożywionej?</i>	200
D. Głowienka	
<i>Rekombinacja pułapkowa w perowskitowych ogniwach słonecznych</i>	202
T. Paterek	
<i>Nieklasyczne stany i oddziaływania w dynamice z pośrednikiem</i>	203
K. Maj	
<i>Ekskluzywna produkcja par taon-antytaon w zderzeniach ołów-ołów w eksperymencie ATLAS</i>	204
P. Gusin	
<i>Energia, pęd i entropia w ogólnej teorii względności i mechanice kwantowej</i>	206
M. Łabuda	
<i>Modelowanie rozpadu cząsteczek heterocyklicznych za pomocą metod chemii kwantowej</i>	208
 SR6A - Zimna materia i spektroskopia cząsteczek dwuatomowych (przew. J. E. Sienkiewicz)	
P. Jasik, J. Kozicki, T. Kilich, J. E. Sienkiewicz	
<i>Dynamics of Photoinduced Processes in the Diatomic Polar Molecules</i>	210

W. Szajna, R. Kępa, A. Para, I. Piotrowska, S. Ryzner, A. Stasik, R. W. Field, A. N. Heays, S. N. Yurchenko, J. Tennyson, M. Semenov, R. Hakalla <i>Spektroskopia molekuł dwuatomowych – użyteczne narzędzie do badań astrofizycznych</i>	211
M. Gronowski <i>Exploring the Limits of Ab Initio Electronic Structure Methods: AlF Case Study</i>	213
J. Koperski <i>Słabe wiązania międzyatomowe w laboratorium: jak badać cząsteczki vdW?</i>	214
M. Pawlak <i>Kwantowy kinetyczny efekt izotopowy w zderzeniach atomów z molekułami dwuatomowymi w niskich temperaturach</i>	215
W. Jastrzębski <i>Laserowa spektroskopia polaryzacyjna – cząsteczki metali alkalicznych</i>	216
SR6B - Biofizyka (przew. J. Jemielity)	
J. Trylska <i>The Effects of Crowding on Enzyme Function: The Case of a Viral Protease</i>	217
M. Nowotny <i>Cryo-Electron Microscopy – Revolution in Molecular Biology</i>	219
R. Hołyst <i>Diffusion in the Cell Cytoplasm and Cell Nucleus</i>	220
W. I. Gruszecki <i>Żaluzje molekularne w oku</i>	221
SR6C - Procesy fotofizyczne (przew. R. Drozdowski)	
A. L. Sobolewski <i>Łamiące Regułę Hunda cząsteczki jako prekursorzy nowych materiałów optoelektronicznych</i>	222
D. Lisak <i>Dyspersyjna spektroskopia molekularna we wnękach optycznych</i>	223
Ł. A. Sterczewski <i>Spektroskopia laserowa wykorzystująca półprzewodnikowe grzebienie częstotliwości optycznej</i>	225

M. Semczuk	
<i>Ultrazimne cząsteczki polarne w stanie podstawowym</i>	228
SR7A - Półprzewodniki (przew. G. Karczewski)	
T. Story	
<i>Półprzewodniki a materia topologiczna</i>	229
P. Wojnar	
<i>Nanodrutu – półprzewodnikowe struktury jednowymiarowe.....</i>	230
Ł. Kłopotowski	
<i>Półprzewodnikowe nanokryształy koloidalne – od zastosowań w diagnostyce medycznej do kryptografii kwantowej.....</i>	232
M. Szot	
<i>Współczesne półprzewodniki i urządzenia termoelektryczne</i>	233
SR7B - Astrofizyka relatywistyczna - obserwacje (przew. A. Królak)	
M. Biesiada	
<i>Silne soczewkowanie fal grawitacyjnych</i>	234
E. Malec	
<i>Rotujące dyski w ogólnej teorii względności: nowe wyniki, otwarte kwestie i zastosowania w astrofizyce</i>	235
P. Jaranowski	
<i>Astronomia fal grawitacyjnych 2015-2023</i>	236
D. Donevski	
<i>Dusty Galaxies in the Early Universe with the James Webb Space Telescope</i>	237
SR7C - Przepływy transoniczne (przew. P. Doerffer, P. Flaszyński)	
O. Szulc, P. Doerffer, P. Flaszyński	
<i>Zastosowanie ruchomej ściany do sterowania oddziaływaniem prostopadłej fali uderzeniowej z turbulentną warstwą przyścienną na profilu lotniczym</i>	238
P. Flaszyński, P. Doerffer, M. Piotrowicz, P. Kaczyński	
<i>Badania oddziaływania fali uderzeniowej z warstwą przyścienną na profilu lotniczym w tunelu transonicznym.....</i>	240
P. Doerffer, P. Flaszyński	
<i>Przepływy ściśliwe z falami uderzeniowymi</i>	242

F. Wasilczuk, P. Flaszyński, M. Kurowski, R. Szwaba <i>Badanie modelu rakiety suborbitalnej w naddźwiękowym tunelu aerodynamicznym</i>	243
M. Piotrowicz, P. Flaszyński, P. Kaczyński, P. Doerffer <i>Numeryczna analiza wpływu warstwy przyściennej na falę uderzeniową na profilu sprężarki transonicznej</i>	245
SR7D - Wykłady Gości z Ukrainy - sesja sponsorowana przez European Physical Society (przew. J. Rybicki)	
H. Laba, V. Tkachuk <i>SUSY Method for Detection of Energy Levels on a Quantum Computer</i>	248
Kh. P. Gnatenko <i>Studies of Spin-1 Tunneling on IBM's Quantum Computer</i>	249
S. Mudry, Y. Nykyrui <i>Self-Assembly in Metallic Alloys</i>	250
SR8A - Informacja kwantowa (przew. R. Horodecki)	
W. Laskowski <i>Informacja kwantowa z losowymi pomiarami</i>	251
S. Abo, Y.-H. Chen, A. Kockum, A. Miranowicz, F. Nori, W. Qin, S. Savasta <i>Przetwarzanie informacji kwantowej w obwodach kwantowych ultrasilnie sprzężonych ze światłem</i>	252
M. Łobejko <i>Nadprzewodzące kubity i model złącza Josephaona jako układu otwartego</i>	254
K. Korzekwa <i>Dychotomie kwantowe a termodynamika układów koherentnych</i>	255
SR8B - Oddziaływania wewnątrz- i międzymolekularne (przew. P. Bojarski)	
R. Hakalla, S. Ryzner, M. I. Malicka, A. Stasik, A. N. Heays, R. W. Field, N. de Oliveira, W. Szajna, W. Ubachs <i>Spektroskopia fourierowska molekuł dwuatomowych w rejonie VUV oraz UV-Vis. Precyzyjna analiza oddziaływań wewnątrz-cząsteczkowych</i>	256
M. Józefowicz, K. Baranowska, M. Miotke-Wasilczyk <i>Badania oddziaływań wewnątrz- i międzymolekularnych w wybranych kompleksach inkluzyjnych typu gospodarz-gość</i>	259

T. Urbańczyk, J. Koperski, M. Krośnicki	
<i>Dimery van der waalsowskie w wiązce molekularnej – od wytwarzania do nowych metod wyznaczania potencjałów stanów elektronowych</i>	260
K. Bielska, A. A. Kyuberis, Z. D. Reed, G. Li, S. Wójtewicz, J. Domysławska, A. A. Balashov, D. D. Tran, A. Cygan, R. Ciuryło, E. M. Adkins, L. Lodi, N. F. Zobov, V. Ebert, D. Lisak, J. T. Hodges, J. Tennyson, O. L. Polyansky	
<i>Widma referencyjne cząsteczek atmosferycznych – pomiary oraz porównanie z wynikami obliczeń ab initio</i>	262
SR8C - Na tropie Nowej Fizyki (przew. A. Kaczmarek)	
S. Trojanowski	
<i>Pędem ku nowej fizyce – CERN na froncie badań podstawowych</i>	264
P. Bruckman	
<i>Higgs to nie wszystko – czemu i jak poszukujemy nieznanego</i>	265
M. Kazana	
<i>Czy istnieją nowe cząstki i czy możemy je odkryć? Poszukiwania „nowej fizyki” w CMS/LHC/CERN.....</i>	266
A. Obłąkowska-Mucha	
<i>Powab i Piękno Nowej Fizyki – poszukiwania w eksperymencie LHCb.....</i>	267
J. Łagoda	
<i>Neutrino sterylne – yeti wśród cząstek elementarnych.....</i>	268
SR9A - Optyka (przew. C. Radzewicz)	
G. Sobon	
<i>Kontrola zjawisk nieliniowych w femtosekundowych laserach światłowodowych.....</i>	269
Y. Stepanenko	
<i>Wpływ dyspersji w całkowicie światłowodowym rezonatorze na tryby pracy ultraszybkich oscylatorów laserowych.....</i>	270
P. Masłowski	
<i>Spektroskopia szerokopasmowa z grzebieniami częstotliwości optycznych</i>	271
M. Karpiński	
<i>Soczewki czasowe w interfejsach kwantowych.....</i>	273

SR9B - Oddziaływanie nisko-energetycznych cząstek naładowanych z materią (przew. P. Możejko)

A. Domaracka, P. Boduch, H. Rothard, P. Rousseau <i>Energetic Processing of Molecular Clusters and Astrophysical Ices by Ion Impact</i>	274
Ł. Kłosowski <i>Badania zderzeń elektronowych z zastosowaniem pułapek jonowych</i>	276
T. J. Wąsowicz <i>Sondowanie neutralnych cząstek generowanych w dysocjacji cząsteczek heterocyklicznych inicjowanej zderzeniami z jonami i fotonami</i>	277
K. Fedus <i>Jak pozytony mierzą rozmiary atomów i molekuł</i>	278
N. Tańska, K. Wójcik, S. Dylńska, E. Ptasńska-Denga, Cz. Szmytkowski, P. Możejko <i>Rozpraszanie elektronów na cząsteczkach w astrochemii: badanie eksperymentalne i teoretyczne dla cząsteczki mrówczanu metylu</i>	280

SR9C - Układy złożone (przew. M. A. Nowak)

M. Ławniczak, A. Akhshani, O. Farooq, M. Białous, S. Bauch, B. Dietz, L. Sirko <i>Distributions of the Wigner Reaction Matrix for Microwave Networks Simulating Quantum Graphs with Symplectic Symmetry in the Presence of Absorption</i>	281
D. Makowiec <i>Złożoność rytmu serca w diagnostyce klinicznej</i>	282
J. Ochab <i>Analiza korelacji sygnałów mózgowych</i>	283
K. Sznajd-Weron <i>Can the Social Sciences Contribute to the Theory of Phase Transitions?</i>	284

SR9D - Cząstki elementarne - teoria (przew. J. Gluza)

B. Karmakar <i>Beyond PMNS and Precision Tests for Heavy Neutral Leptons</i>	285
M. Iglicki <i>The t-channel Singularity and its Thermal Regularization</i>	286

B. Świeżewska	
<i>Probing Symmetry Breaking in the Early Universe via Gravitational Waves</i>	287

M. Badziak	
<i>Natural Supersymmetry and the Twin Higgs Mechanism</i>	288

Wykład otwarty

M. Pawłowski	
<i>Kryptografia kwantowa: Jak złamać szyfry niemożliwe do złamania?</i>	289

Wykład dla licealistów i nauczycieli

G. Karwasz	
<i>Dlaczego ciała spadają? – czyli kognitywistyczna ścieżka dydaktyczna z podstaw fizyki</i>	290

PLAKATY

Plakaty naukowe

G. Balcerowska-Czerniak	
<i>Statystyczne monitorowanie wielu parametrów dla potrzeb kontroli jakości próbek/procesu na przykładzie danych z katastrofy ekologicznej na Odrze w 2022 roku</i>	293

D. Balcerzak, S. Wachowski, M. Gazda	
<i>Wytrącanie tlenków mieszanych na powierzchni $Ba_{0.5-y}La_{0.5}Co_{0.5}Fe_{0.5}O_{3-\delta}$ kontrolowane poprzez ciśnienie parcjale tlenu</i>	295

K. Baranowska, M. Józefowicz	
<i>Badanie procesu fotoindukowanego wewnątrzcząsteczkowego przeniesienia elektronu i protonu w wybranych molekułach organicznych znajdujących się w makrocyclicznych związkach organicznych</i>	297

J. J. Borkowski, M. Gieysztor, P. Kolenderski	
<i>Modelowanie nadpromienistości w centrach barwnych jako kwantowy układ otwarty</i>	299

J. Budnik, T. Miruszewski, M. Gazda	
<i>Właściwości elektrochemiczne i termoelektryczne mieszanych przewodników jonowo-elektronowych typu $SrFe_{1-x}Co_xO_{3-\delta}$</i>	301

M. Cieřlik, A. Pastuszko, J. Franz, M. Franz <i>Modelowanie zderzeń między pozytonami, a cząsteczkami o znaczeniu biologicznym</i>	303
M. M. Czudec, T. Miruszewski, M. Gazda <i>Właściwości termoelektryczne kompozytów wykazujących mieszane przewodnictwo jonowo-elektronowe</i>	305
A. Dawczak, W. Skubida, A. Mielewczyk-Gryń, M. Gazda <i>Właściwości strukturalne, termiczne i elektryczne wieloskładnikowych niobianów ziem rzadkich</i>	306
M. Dominów, J. Karczewski <i>Zastosowanie analizy metodą rozkładu czasów relaksacji (DRT) w badaniach metodą dynamicznej elektrochemicznej spektroskopii impedancji (DEIS)</i>	307
V. Drozdowska, J. Piskozub, I. Niedźwiecka, M. Kitowska, P. Makuch, P. Markuszewski, J. Stoń-Egiert <i>Właściwości optyczne materii organicznej obecnej w warstwie powierzchniowej morza i jej rola w procesach fizycznych na styku morza i atmosfery</i>	309
J. Dubrovkin, V. Tomin, P. Bojarski, I. Serdiuk, J. Szumilas <i>Revealing Hidden Structure in Time-Resolved Spectral Matrices Using Multivariate Analysis of the Streak Camera Data</i>	310
Z. Ficek <i>Wzajemne wykluczanie się koherencji pierwszego i drugiego rzędu w układach wielomodowych</i>	311
H. Fiedorowicz, A. Bartnik, E. Trafny, P. Wachulak, J. Czwartos, A. Nowak-Stępniewska, T. Fok, A. Lech, M. Majszyk, P. Osuchowska, M. Wardzińska, Ł. Węgrzyński <i>Laserowo-plazmowe źródła promieniowania rentgenowskiego i skrajnego ultrafioletu (EUV) z impulsową tarczą gazową do zastosowań w nauce i technologii</i>	313
D. Florjan, M. Weiss, A. Ptak <i>Nanotarcie suche kinetyczne – badania obliczeniowe z wykorzystaniem metody sterowanej dynamiki molekularnej</i>	314
M. A. Gala, K. Komędera, A. Kozłowski, W. Tabiś <i>Znaczenie naprężeń in-situ i ex-situ w dynamice przemiany Verweya w magnetycie</i>	316

P. F. Góra, E. Gudowska-Nowak <i>Stochastic Resonance in Memristors</i>	318
K. Gut <i>Szerokopasmowa interferencja różnicowa</i>	319
S. Gutowska, B. Wiendlocha <i>Wpływ efektów relatywistycznych na nadprzewodnictwo</i>	321
M. Hendzel, M. Fidrysiak, J. Spalek <i>Wybrane układy molekularne i ich właściwości w podejściu połączonej pierwszej i drugiej kwantyzacji</i>	322
M. Jędrzejowski, D. J. Michczyńska, A. Michczyński, M. Kłusek, K. Tudyka <i>Alpha and Beta Measurements on the Quantulus Spectrometer at Gliwice Laboratory: Investigating the Radon Issue in Radiocarbon Dating</i>	324
M. K. Jurkowski, T. J. Wąsowicz <i>Wpływ wiązania C=C na stabilizację pierścienia sześciocłonowej cząsteczki heterocyklicznej zawierającej heteroatomy tlenu i azotu</i>	326
J. K. Kalaga, W. Leoński <i>Splątanie i sterowanie kwantowe w układzie n kubitów</i>	328
P. Kamiński, R. Drozdowski <i>Obserwacja przekazu ładunku w procesie zderzenia jonów He^+ z atomami He i Ar oraz molekułą O_2 w zakresie energii pośrednich</i>	329
A. Kaźmierczak-Bałata, J. Bodzenta <i>Badania właściwości fizykochemicznych materiałów funkcjonalnych i nanostruktur</i>	331
G. M. Koczan, A. Jadczyk <i>Jawna postać operatora położenia fotonu oraz jego szczególne stany własne</i>	333
P. Kot, A. Baczmański, M. Wroński, G. Farkas, M. Muzyka, S. Wroński <i>Badanie mechanizmów plastyczności w stekstrowanym stopie magnezu AZ31 dla wybranych grup ziaren przy użyciu dyfrakcji neutronowej</i>	335
S. Królak, M. J. Winiarski, D. Celik, T. Klimczuk <i>Dimeryzacja atomów fosforu i efekt Kondo w warstwowym tlenofosforku $La_3Cu_4P_4O_{20}$</i>	338

N. Kruszewska, J. Siódmiak <i>Analiza właściwości fizykochemicznych hydrożelu roślinnego przy użyciu metod komputerowych.....</i>	340
T. Kubiak, Z. Rozynek <i>Propagacja fal mechanicznych w jednowymiarowych strukturach z mikrocząstek przewodzących.....</i>	342
M. Kucharczyk, M. Jarzyna, M. Jachura, K. Banaszek <i>Wydażność optycznej dystrybucji klucza z ograniczonym zestawem kodów korekcji błędów.....</i>	344
G. Kuderowicz, B. Wiendlocha <i>Silne oddziaływanie elektron-fonon i przerwa nadprzewodząca w związku Heuslera ScAu_2Al.....</i>	346
K. Kujawska, W. Koliński, B. Bochentyn <i>Formowanie bimetalicznych stopów Fe-Ni oraz Co-Fe na powierzchni $(\text{La}, \text{Sr}, \text{Ce})(\text{Me}, \text{Ti})\text{O}_3$ za pomocą eksolucji z topotaktyczną wymianą jonów.....</i>	347
W. Kujawski, K. Baranowska, M. Józefowicz <i>Badania właściwości spektroskopowych genisteiny w jednorodnych środowiskach o różnej polarności oraz wodnych roztworach β-cyklodekstryn</i>	349
N. Kurhaluk, V. Tomin, H. Tkaczenko <i>Wpływ in vitro kombinacji promieniowania lasera półprzewodnikowego w podczerwieni o niskiej intensywności i diody LED na poziom biomarkerów stresu oksydacyjnego i hemolizę erytrocytów osób zdrowych i chorych na cukrzycę typu 2.....</i>	350
M. Lachowicz, I. Linert <i>Badania stanów wzbudzonych cząstek o znaczeniu atmosferycznym i astrofizycznym techniką zderzeniowej spektroskopii elektronowej</i>	351
H. Lasota <i>Dwu-dynamika amorficznych przestrzeni fizycznych: fenomenologia komunikacji dźwiękowej i radiowej</i>	353
W. Leoński, J. K. Kalaga <i>Korelacje kwantowe w heksagonalnym układzie kubitowym.....</i>	354

P. Ławniczak, S. Zięba, A. Dubis, A. Gzella, B. Hilczer, A. Łapiński <i>Nietypowe właściwości elektryczne niskotemperaturowych przewodników protonowych</i>	356
A. Łobejko <i>Eksperymentalne badania dynamiki układu trzech nukleonów w reakcji rozbitcia deuteronu wywołanej protonem o energii 108 MeV</i>	358
M. Maciejewski, K. Milewska, A. Synak, W. Sadowski, B. Kościelska <i>Wpływ AlF_3 oraz KF na właściwości luminescencyjne szkieł fosforanowych domieszkowanych Eu^{3+}</i>	359
T. Manivarma, W. Nowak, K. Mikulska-Rumińska <i>An Investigation of Oxygen Tunnels in the 15LOX-1/PEBP1 Complex, a Trigger of the Ferroptotic Cell Death Signal</i>	360
Ł. Mioduszeowski <i>Przewidywanie właściwości kryształów politryptofanu</i>	361
M. Noińska-Macińska, B. G. Gireń <i>Dominanty i mechanizmy kawitacyjnego niszczenia ciał stałych – o możliwości efektywnego przewidywania przebiegu procesu</i>	362
P. Okoczuk, N. Wójcik, L. Murawski, L. Wicikowski, B. Kościelska <i>Tunneling Between Loaded Granules in V_2O_5-TeO_2 Glass-Ceramic</i>	364
A. Olejnik, R. Bogdanowicz <i>Alternatywa dla modelu zagiętych pasm dla elektrochemii i fotowoltaiki oparta na formalizmie Landauera</i>	365
G. Opila, A. Pietrzyk, J. Przewoźnik <i>Badanie struktury nanoprętów złota syntezowanych metodą seedless growth technique</i>	367
R. Osadnik, M. Koruszowicz, G. Andrzejewski, P. Syty, K. Malinowski <i>Wykorzystanie głębokich spłotowych sieci neuronowych do rekonstrukcji emisyjności plazmy w urządzeniach fuzyjnych</i>	369
F. Oseko, S. Wachowski, T. Miruszewski, M. Gazda, A. Mielewczyk-Gryń <i>Defect Driven Evolution of Exsolved Nanoparticles</i>	370
J. Paluch <i>Pionierskie badania raka płaskonabłonkowego z użyciem wiązki synchrotronowej (Narodowe Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS)</i>	372

P. Perkowski, M. Mrukiewicz <i>Ferroelektryczność w nematycznych ciekłych kryształach</i>	374
P. Pęczkowski, P. Zachariasz, R. Zalecki, J. Piętosa, J. M. Michalik, C. Jastrzębski, M. Ziętała, M. Zając, Ł. Gondek <i>Influence of Y-123 Foam Morphology on Their Superconducting Properties</i>	376
M. A. Pietruszka <i>(Nad)prąd protonowy w układzie DNA-sól fizjologiczna w stanie krytycznym.....</i>	378
M. P. Pilat, P. Syty, J. E. Sienkiewicz <i>Relatywistyczne wyliczenia długości rozpraszania elektronów i pozytonów na atomach argonu</i>	380
N. Piotrowska, A. Ustrzycka, A. Michczyński, F. Pawełczyk <i>Spektrometria AMS w Laboratorium ¹⁴C i Spektrometrii Mas w Gliwicach.....</i>	381
J. Pośpiech, T. Miruszewski, M. Gazda, A. Maximenko, S. Wachowski, A. Mielewczyk-Gryn <i>Właściwości elektrochemiczne tlenków trójprzewodzących typu Ba_{0.5}La_{0.5}Co_{1-x}Fe_xO_{3-δ}</i>	383
K. Pryga, B. Wiendlocha <i>Struktura elektronowa i nadprzewodnictwo w stopie wysokiej entropii Co-Ni-Cu-Rh-Ir-Zr₂</i>	385
A. Schlichtholz, A. Synak, L. Kułak, P. Bojarski <i>Model transferu energii na nanostrukturach typu rdzeń-otoczka i jego porównanie z symulacjami Monte Carlo</i>	387
M. Shopa, N. Ftomyn <i>Aktywność optyczna w kryształach LBO i KTP.....</i>	388
J. Siódmiak <i>Strukturalne uwarunkowania drgań własnych izomerów fulerenowych.....</i>	390
A. Starczewska <i>Zjawiska piezo-, trybo-, piro- i foto- w procesach pozyskiwania i konwersji energii.....</i>	392
R. Staszewski <i>Tagowanie protonowe w eksperymencie ATLAS na LHC jako narzędzie przy poszukiwaniu nowej fizyki</i>	393

G. Stefanek	
<i>Struktury krytyczne w oddziaływaniach silnych – eksperyment NA61/SHINE</i>	394
K. Sulowska, M. Szalkowski, M. Mac, S. Maćkowski	
<i>Optyczne wykrywanie białek za pomocą drukowanych ścieżek metalicznych</i>	395
H. Świątek, T. Klimczuk	
<i>Otrzymywanie kryształów trójskładnikowych pniktydków metodą wzrostu z fazy ciekłej</i>	397
N. Tańska, K. Rogala, E. Ptasńska-Denga, Cz. Szmytkowski, P. Możejko	
<i>Rozpraszanie niskoenergetycznych elektronów na aldehydzie propionowym, CH_3CH_2CHO</i>	398
A. Taranienko, W. Szcześniak, S. Kusyk, J. Matulewicz, T. Matulewicz, P. Sękowski, A. Spyra, J. Swakoń, D. Wróbel, I. Skwira-Chalot	
<i>Badanie promieniowania powstającego podczas naświetlania tkanek wiązką protonów o energiach terapeutycznych</i>	400
P. Tulewicz, K. Bartkiewicz	
<i>Bezpośrednia metoda pomiaru splątania kwantowego i nielokalności Bella stanów dwukubitowych za pomocą interferometrii Hong-Ou-Mandela</i>	401
D. Ushakou, V. Tomin, T. Wróblewski	
<i>Generacja światła białego w binarnych układach flawonolów z solami</i>	403
O. Wane, A. A. Navarro, A. Fuerte, B. Bochentyn, R. X. Valenzuela	
<i>CO₂ Capture by Microalgae Bio-Fixation: Modelling of Algal Biomass Production in High Rate Algae Pond</i>	404
M. Warda	
<i>Krajobraz fizyki jądrowej w Polsce</i>	407
A. Wawrzyniak, S. Bednarek	
<i>Projekt badania materiałów w silnych polach magnetycznych wiązki cząstek z akceleratora</i>	408
M. Weiss, M. Wojtecki, M. Cichomski, A. Ptak	
<i>Nanotarcie suche kinetyczne – badania eksperymentalne z wykorzystaniem mikroskopu sił atomowych</i>	409
P. Wojda, S. Kshevetskii	
<i>Obliczenia ogniskowania i obrazowania promieni rentgenowskich za pomocą soczewek kinoformowych i zwykłych</i>	411

S. Wolff, N. A. Wójcik	
<i>Badanie in vitro rozpuszczalności szkieł krzemianowych modyfikowanych magnezem oraz potasem o potencjalnym zastosowaniu na implanty kostne</i>	413
T. Wróblewski, A. Kamińska, A. Włodarkiewicz, D. Ushakou	
<i>Badania emisji lotnych związków organicznych z grzybów leśnych za pomocą spektrometrii masowej z reakcją przekazu protonu.....</i>	415
T. Wróblewski, G. Karwasz	
<i>Zastosowanie techniki PTR-MS do badań jakości produktów spożywczych na przykładzie emisji lotnych związków organicznych z kawy</i>	417
W. Zając	
<i>Neutrony dla polskiej nauki.....</i>	419
Plakaty dydaktyczne	
J. Biel-Kiepusa	
<i>Przestrzeń uczenia (się) fizyki – jako środek dydaktyczny</i>	421
G. M. Koczan	
<i>Rekonstrukcja matematyczna zasad dynamiki Arystotelesa wzorowana na rekonstrukcji zasad dynamiki Newtona</i>	423
A. Kołodziej	
<i>Wybrane inspiracje dydaktyczne: gra sportowo-edukacyjna o LHC, eseje fizyczne, gamyfikacja</i>	425
L. Lehman	
<i>Kłopoty z energią mechaniczną i wewnętrzną.....</i>	426
M. Łaciak, A. Szczypińska-Łaciak, D. Kajewski	
<i>Films4edu – eksperymentuj z nami!</i>	427
K. Rębilas	
<i>Graphical Approach to Bell's Inequalities.....</i>	429
S. A. Różański	
<i>Eksperyment zdalny w pracowni fizycznej.....</i>	431
E. Rydygier	
<i>Nowoczesna popularyzacja fizyki</i>	433
M. Wiertel	
<i>O konkursie „Rok przed Maturą – Fizyka”</i>	436

M. Wtulich	
<i>Fizykoiny – zgamifikowana metodyka nauczania fizyki w liceum.....</i>	<i>437</i>
K. Wyborska, G. Karwasz	
<i>Jak nauczanie konstruktywistyczne zmienia szkolną percepcję fizyki</i>	<i>438</i>
<i>Skorowidz autorów</i>	<i>441</i>

Hejnał 48. Zjazdu Fizyków Polskich

Fanfara na dwie trąbki

TRANSPOSING
SCORE

FRANCISZEK RUSEK

Trionfante (♩ = 140)

I Trumpet in B♭

II Trumpet in B♭



Tpt. I

Tpt. II



Tpt. I

Tpt. II



Tpt. I

Tpt. II



Hejnał 48. Zjazdu Fizyków Polskich

Fanfara na cztery trąbki

TRANSPOSING
SCORE

FRANCISZEK RUSEK

Trionfante (♩ = 140)

I Trumpet in B♭

II Trumpet in B♭

III Trumpet in B♭

IV Trumpet in B♭

Tpt. I

Tpt. II

Tpt. III

Tpt. IV

Tpt. I

Tpt. II

Tpt. III

Tpt. IV

SESJE PLENARNE

Niezwyczajne cechy kwantowych korelacji

R. Horodecki

*Międzynarodowe Centrum Teorii Technologii Kwantowych,
Uniwersytet Gdański,
ul. Bażyńskiego 1A, 80-309 Gdańsk*

Kwantowa teoria fizycznej rzeczywistości – najlepsza, jaką dysponujemy – choć nacięcza nieprzezwyciężone dotąd trudności interpretacyjne ma, wyjąwszy grawitację, niezwykle moc profetyczną. Całe nasze wcześniejsze doświadczenie z zastosowaniem teorii kwantowej zdaje się mówić: to, co przewiduje formalizm kwantowy, musi pojawić się w laboratorium.

Na kwantową teorię można patrzeć jak na rodzaj inskrypcji zakodowanej w języku przestrzeni Hilberta, która stanowi zbiór przepisów, określających sposób przewidywania wyników przyszłych pomiarów w laboratoriach. Odkrycie, że inskrypcja przewiduje istnienie nieklasycznych korelacji wstrząsnęło naszymi wyobrażeniami o naturze, inspirując bezprecedensowy rozwój kwantowych technologii. W ramach wykładu omówię osobliwe cechy kwantowych korelacji, odkrytych w 1935 roku przez Einsteina, Podolskiego i Rosena, analizowanych przez Schrödingera, nazwanych przez niego splątaniem, a także korelacji kwantowych innych niż splątanie, odkrytych na początku lat osiemdziesiątych. Z punktu widzenia obserwatora, obdarzonego „klasyczną” intuicją, najbardziej niezwykłą cechą kwantowego splątania jest, że stany splątane mogą nie spełniać nierówności Bella. Eksperymentalna weryfikacja tego fenomenu, zwieńczona Nagrodą Nobla 2023, była jednym z największych wyzwań w historii fizyki.

Daleka od zrozumienia, subtelna i zarazem złożona natura kwantowych korelacji wciąż zdradza nowe, fascynujące cechy, dające się zaobserwować w coraz bardziej wyrafinowanych eksperymentach. W toku wykładu omówię m.in. odkryte w Gdańsku, niezwykle cechy kwantowego splątania i metody jego detekcji. Zacznę od nawiązania do słynnej obserwacji Erwina Schrödingera w jego nieopublikowanych notatkach z 1932 roku, opatrzonej trzema znakami zapytania: „Najlepsza możliwa znajomość całości nie obejmuje możliwie najlepszej znajomości jego części – i to jest to co ciągle wraca, by nas prześladować”. Znaczenie tej głębokiej obserwacji wyjaśnione i sformalizowane w połowie lat 90., potwierdzone w pionierskim eksperymencie w 2005 r. dostarczyło pierwszego nieliniowego „świadka” splątania.

Dalej przedstawię pokrótce podstawy detekcji zasumionego splątania, opartej na koncepcji liniowego świadka splątania, kryterium Peresa i tzw. nieliniowych świadków splątania, stosowanych obecnie w laboratoriach. Jak się wkrótce okazało kryteria te nie były w stanie wykryć ukrytego głęboko w szumie tzw. związanego splątania (bound entanglement, 1998). Ten nowy rodzaj splątania, otrzymany w serii spektakularnych doświadczeń, przeprowadzonych niezależnie w różnych ośrodkach (2009-2010) implikuje istnienie nowego typu nieodwracalności w naturze. Fenomen ten zaskoczył fizyków „(...) związane stany splątane wystawiają na próbę granice naszego

rozumienia i zastanawiają nas swoją wewnętrzną nieodwracalnością” (Physics Today, B. Terhal *et al.*, 2003). Przy okazji omówię pewne superaddytywne efekty, takie jak aktywacja i superaktywacja związanego splątania oraz efekt nieaddytywności splątania w kwantowej metrologii.

Pod koniec części poświęconej splątaniu przedstawię jego osobliwe zachowanie, występujące w dynamice dwuczęściowych układów poddanych działaniu środowiskowego szumu (2001), ponownie odkryte trzy lata później przez grupę Eberly’ego i nazwane nagłą śmiercią splątania.

Ostatnia część wystąpienia będzie poświęcona kwantowym korelacjom innym niż splątanie i niektórym ich miarom, które przyjęto nazywać: kwantowy diskord i kwantowy deficyt.

1923-2023: Sto lat od pierwszego Zjazdu Fizyków Polskich

J. E. Garbarczyk

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

W roku 2023 mija 100 lat od pierwszego Zjazdu Fizyków Polskich, który odbył się w Warszawie w dniach od 4 do 7 kwietnia 1923 roku. Pomimo, że Polskie Towarzystwo Fizyczne powstało w roku 1920, pierwszy zjazd PTF można było zorganizować dopiero po trzech latach ze względu na sytuację w kraju, związaną z wojną z Sowietami oraz procesem formowania się granic nowo odrodzonej Polski. Uroczysta inauguracja Zjazdu, połączona z inauguracją Zjazdu Chemików, miała miejsce w Dużej Auli Politechniki Warszawskiej. Przemówienia powitalne wygłosili ówczesny przewodniczący PTF Władysław Natanson oraz Ignacy Mościcki. Warto dodać, że ten wybitny chemik i późniejszy Prezydent RP był w latach 1897-1901 asystentem prof. Józefa Kowalskiego-Wierusza w jego Zakładzie Fizyki na Uniwersytecie we Fryburgu w Szwajcarii. W pierwszym dniu Zjazdu odbył się jeden wykład plenarny z fizyki pt. „Fizyka a rzeczywistość”, a wygłosił go prof. Czesław Białobrzeski. Pozostałe wykłady I Zjazdu PTF odbywały się w oddanym do użytku w 1921 r. gmachu Zakładu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego przy ul. Hożej 69. Pierwszy Zjazd został zorganizowany przez Zarząd Główny PTF a nie przez Oddział Warszawski. Na przewodniczącego Zjazdu wybrano prof. Konstantego Zakrzewskiego z Uniwersytetu Jagiellońskiego. Nie było jeszcze wtedy tradycji, że przewodniczącym zjazdu jest przewodniczący lokalnego oddziału PTF. Celem Zjazdu był przegląd dorobku naukowego fizyków polskich w latach 1911-1923. Oprócz fizyków akademickich, w wydarzeniu uczestniczyli nauczyciele szkół średnich, tak jak ma to miejsce obecnie. Na Zjeździe wygłoszono 19 wykładów a uczestniczyło w nim około 200 osób. Prelegentami tego historycznego Zjazdu byli: Stanisław Kalinowski, Mieczysław Wolfke, Zygmunt Klemensiewicz, Jan Stock, Stanisław Landau (później Ziemecki), Wacław Werner, Stanisław Zaremba, Czesław Białobrzeski, Alfred Denizot, Ludwik Wertenstein, Stefan Pieńkowski, Czesław Reczyński, Konstanty Zakrzewski, Maria Asterblumówna, Cezary Pawłowski, Władysław Smosarski, Edward Stenz, Mieczysław Pożaryski oraz Kazimierz Grabowski. Wykłady miały w dużej mierze charakter sprawozdawczy i roboczy, a kilka było dwuczęściowych. Należy przy tym zauważyć, że aktywność naukowa wielu autorów referatów była wówczas ograniczona niedawnymi perypetiami wojennymi, a dynamiczny rozwój fizyki w Polsce miał dopiero nastąpić. Wśród prelegentów Zjazdu widzimy nazwiska profesorów, które na trwale weszły do historii fizyki Polsce (i na świecie). Dla przykładu: Mieczysław Wolfke to prekursor holografii i współodkrywcą helu II, zaś Stefan Pieńkowski to twórca fizyki na UW i promotor prac doktorskich całej plejady wybitnych fizyków polskich. Pierwszy Zjazd

PTF zainicjował utrzymaną do dzisiaj tradycję lokalnych wycieczek, organizowaną dla uczestników tego wydarzenia. W roku 1923 były to wycieczki do: Stacji „Radjoatlantycznej” na Powązkach (pisownia z tych lat), Obserwatorium Magnetycznego w Świdrze, na Politechnikę i pobliską Stację Filtrów, do fabryki Ferum gdzie otrzymywano ciekłe powietrze oraz do Stacji Odbiorczej „Radjo” w Grodzisku pod Warszawą.

Bibliografia

- [1] Wróblewski A. K., Historia fizyki w Polsce, PWN, Warszawa 2020.
- [2] Garbarczyk J. E., Polskie Towarzystwo Fizyczne w Warszawie, Postępy Fizyki 71, 50 (2020).

A Voyage Through Quantum Wonderland

A. Zeilinger

*Institute for Quantum Optics and Quantum Information,
Austrian Academy of Sciences
Vienna Center for Quantum Science and Technology (VCQ),
Faculty of Physics, University of Vienna*

Experiments on quantum foundations were and are motivated essentially by curiosity. Most notably Albert Einstein required physics to describe reality while Niels Bohr argued that physics can only be about what can be said about reality (in modern words information).

There was no awareness that this work on foundations opened up the avenue to quantum information. The experiments I will discuss go from neutron interferometry via three-photon entanglement, and entanglement swapping to recent experiments including satellites or even a Cosmic Bell test involving light from distant quasars. It is argued that as a result we can today focus more sharply on the essential questions raised early. It appears that information most likely is a most fundamental concept.

Anton Zeilinger - obecnie profesor na Uniwersytecie Wiedeńskim, a wcześniej na Uniwersytecie Leopolda i Franciszka w Innsbrucku. Fizyk doświadczalny specjalizujący się w interferometrii kwantowej oraz kwantowej komunikacji i kwantowej informacji. Laureat Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki za 2022 rok, razem z Johnem Clauserem i Alainem Aspectem. Nagrodę przyznano „Za eksperymenty ze splątanymi fotonami, ustalenie naruszenia nierówności Bella i pionierską informatykę kwantową”. Od 1990 roku współpracuje z fizykami z Uniwersytetu Gdańskiego (z prof. Markiem Żukowskim i jego uczniami). Tematyka tej współpracy to kwantowa komunikacja i kwantowa informacja.



Anton Zeilinger
(fot. Austrian Academy of Sciences,
Sepp Dreissinger)

W 2006 roku Senat Uniwersytetu Gdańskiego nadał mu tytuł doktora honoris causa za „cykl fundamentalnych eksperymentalnych testów kwantowej natury świata i wkład w rozwój kwantowej informacji”.

Uwagi o kwantowym splątaniu i nierównościach Bella i teoretyczne podstawy obserwacji wielo-fotonowej interferencji

M. Żukowski

*Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki,
Uniwersytet Gdański,
ul. Wita Stwosza 59, 80-308 Gdańsk*

Postaram się w najbardziej przystępny sposób przedstawić kwantowe stany splątane i idee stojące za nierównościami Bella. Stany splątane wg. Schrödingera stanowią „esencję” mechaniki kwantowej (1935). Nierówności Bella (1964) to najbardziej elementarne ograniczenia, które spełniają wszystkie teorie klasyczne zgodne ze szczególną teorią względności. Dzięki nim wiemy, że spełnienie nadziei Einsteina na uzupełnienie teorii kwantów o motywowane klasycznymi intuicjami „elementy rzeczywistości” (1935) jest niemożliwe. Najprościej to można wyrazić analizując trójfotonowe polaryzacyjne korelacje Greenbergera-Horne’a-Zeilinger (1989). Ale jak je zaobserwować? Okazuje się, że metoda wymiany splątania (1993, 1995, 1998), pozwalająca splatać fotony z dwu i więcej niezależnych emisji splątanych par, umożliwia obserwację trój (i więcej) fotonowej interferencji (1999), przy okazji można przeprowadzić kwantową teleportację (1997). Umożliwiła te właśnie pionierskie „innsbruckie” eksperymenty Zeilingera. Wymiana splątania jest też podstawą pierwszego eksperymentu, w którym niepodważalnie ukazano, że obserwowalne korelacje kwantowe nie spełniają nierówności Bella (2015). Zakończono debatę Einsteina i Bohra (Nobel za 1921 i 1922 rok). Wygrała ostatecznie komplementarność Bohra, choć istnieją inne interpretacje, ale niestety niezgodne z ideami Einsteina. . .

From Time Crystals to Time-tronics

K. Sacha

*Atomic Optics Department,
Institute of Theoretical Physics,
Jagiellonian University in Krakow,
ul. prof. S. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków*

Similarly to ordinary space crystals, crystal structures can also form spontaneously in time. It turns out that the condensed matter phases, such as the Anderson and many-body localization, topological phases, Mott insulator and superfluid phases, can also be observed in the time domain. In the course of the lecture, I will introduce the concept of time crystals, show how various behaviors resembling condensed matter can be realized in the time domain and outline the direction to time-tronics, *i.e.* the use of time crystalline structures in practical applications.

References

- [1] Sacha K., Time Crystals, Springer International Publishing, Cham 2020.

Kosmiczny efekt Dżanibekowa w całym ziemskiej szkole

P. Janowski

*Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej,
Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie,
ul. Reymonta 19, 30-059 Kraków*

Efekt Dżanibekowa, który nie tak dawno stał się wiralem i zaczął uchodzić za jedynie kosmiczne zjawisko, da się zademonstrować nawet w domu czy szkole. Podczas wykładu pokażę, jak to zrobić oraz jak wykonać kilka prostych doświadczeń z ruchu obrotowego, związanych z rzeczonym fenomenem. Zwrócę też uwagę na nie do końca poprawne jego wyjaśnienia, które można znaleźć w Internecie oraz na wskazania tego zjawiska w znanych pozycjach książkowych sprzed stu lat.

Bazar Fizyczny

A. Mika^{1,2}

¹*XIV Liceum Ogólnokształcące
z Oddziałami Dwujęzycznymi w Szczecinie,
ul. Kopernika 16a, 70-241 Szczecin*

²*Wyższa Szkoła Edukacji i Terapii,
Wydział Zamiejscowy w Szczecinie,
ul. Wawrzyniaka 8, 70-392 Szczecin*

Zapraszamy wszystkich dydaktyków fizyki do wzięcia udziału w Bazarze Fizycznym – Bazarze Dobrych Praktyk.

Bazar fizyczny będzie miejscem bezpośredniej wymiany doświadczeń metodycznych.

Na wyznaczonych stanowiskach zaprezentować będzie można ciekawe eksperymenty fizyczne (mile widziane eksperymenty autorskie) oraz pomoce metodyczne usprawniające nauczanie lub czyniące proces dydaktyczny bardziej atrakcyjnym. Będzie to również punkt i okazja do nawiązywania wzajemnej współpracy.

Fizyczne Ścieżki – konkurs dla młodych pasjonatów fizyki

K. Deja, J. Jaczewska-Özcan, M. Marcinkowska-Sanner,
M. Kirejczyk, A. Skwarek

*Dział Edukacji i Szkoleń,
Narodowe Centrum Badań Jądrowych,
ul. A. Soltana 7, 05-400 Otwock
e-mail: maja.marcinkowska-sanner@ncbj.gov.pl*

Podczas Bazaru Naukowego przedstawiony zostanie ogólnopolski konkurs uczniowski Fizyczne Ścieżki, który ma za zadanie pobudzić zainteresowania uczniów fizyką i pokrewnymi naukami, a także pomóc w zrozumieniu fizycznych zjawisk. Konkurs adresowany jest do uczniów szkół ponadpodstawowych oraz 7 i 8 klas szkół podstawowych. Nieprzerwanie, począwszy od 2005 r., organizowany jest przez Narodowe Centrum Badań Jądrowych i Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk. W odróżnieniu od konkursów przedmiotowych i olimpiad Fizyczne Ścieżki to konkurs prac proponowanych przez uczniów, co w naturalny sposób sprzyja rozwijaniu kreatywności u młodych ludzi.

Uczniowie biorący udział w Konkursie mogą wybrać jedną z trzech kategorii: praca naukowa, pokaz zjawiska fizycznego lub esej. Praca naukowa musi mieć pierwiastek badawczy i być próbą odpowiedzi na samodzielnie postawione pytanie. Odpowiedzi na nie można szukać bądź na drodze doświadczalnej – przez wykonanie eksperymentu – bądź przez teoretyczną analizę. Praca w kategorii pokaz zjawiska fizycznego to nietuzinkowe zademonstrowanie dowolnego zjawiska i jego objaśnienie. Wielu uczestników Konkursu decyduje się napisać esej. To niewielka praca literacka, w której uczeń wypowiada się na temat związany z fizyką, prezentując relację, jaka wiąże tę dyscyplinę nauki z zagadnieniami humanistycznymi, z rozwojem cywilizacji, z ogólnoludzką kulturą. W przypadku kategorii pokaz zjawiska fizycznego i praca naukowa prace mogą powstawać indywidualnie, jak i być wynikiem współpracy zespołów, złożonych z 2 lub 3 osób. Eseje można nadsyłać tylko indywidualnie.

Co roku otrzymujemy kilkadziesiąt prac, co przekłada się na około stu kilkudziesięciu uczestników wraz z ich opiekunami naukowymi (głównie nauczycielami). Autorzy najlepszych prac zapraszani są na Seminarium Finałowe, gdzie mają okazję zaprezentować swoje projekty, eksperymenty lub odczytać eseje przed jury, składającym się z doświadczonych naukowców i ekspertów z dziedziny fizyki. To ważna okazja, aby otrzymać profesjonalne opinie, zdobyć uznanie i być nagrodzonym za swoje osiągnięcia.

Tytuł laureata konkursu jest honorowany podczas rekrutacji na wybrane kierunki Partnerskich Uczelni (Uniwersytet w Białymstoku, Uniwersytet Jagielloński, Uniwersytet Warszawski, Politechnika Świętokrzyska, Politechnika Warszawska).

Organizatorzy Konkursu dla uczczenia pamięci inspiratora Konkursu prof. Ludwika Dobrzyńskiego przyznają od 2022 roku nagrodę jego imienia. Nagroda ta jest formą wyróżnienia nauczycieli i opiekunów naukowych, którzy wykazali się wyjątkowym zaangażowaniem w przygotowanie uczniów do Konkursu.

Detektory dla szkół

K. Deja, J. Jaczewska-Özcan, M. Marcinkowska-Sanner,
M. Kirejczyk, A. Skwarek

*Dział Edukacji i Szkoleń,
Narodowe Centrum Badań Jądrowych,
ul. A. Soltana 7, 05-400 Otwock
e-mail: artur.skwarek@ncbj.gov.pl*

Podczas Bazaru Fizycznego odbędzie się prezentacja skierowanej do szkół inicjatywy podejmowanej przez Dział Edukacji i Szkoleń (DEiS) Narodowego Centrum Badań Jądrowych. Inicjatywa ta polega na udostępnieniu młodzieży szkolnej liczników promieniowania jonizującego. Opracowane w jej ramach działania są prowadzone i rozwijane przez DEiS od lat, dawniej poprzez realizację projektu „Detektory dla szkół”, później – poprzez dofinansowany ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki (MEiN) projekt „Detektory edukacyjne dla szkół”, realizowany w ramach modułu „Popularyzacja nauki i promocja sportu” programu *Spoleczna odpowiedzialność nauki*. Celem, przyświecającym autorom opisywanych wyżej działań, było stworzenie warunków, które pozwoliłyby uczniom z całej Polski na własnoręczne przeprowadzenie pomiarów promieniowania jonizującego. Do realizacji tego celu zakupiono kilkadziesiąt scyntylacyjnych liczników promieniowania kosmicznego Cosmic Watch (Rysunek 1) oraz wykonano kilkadziesiąt dydaktycznych liczników Geigera-Müllera (Rysunek 2).



Rysunek 1: Scyntylacyjne liczniki promieniowania kosmicznego Cosmic Watch



Rysunek 2: Dydaktyczny licznik Geigera-Müllera

Korzystanie z ww. urządzeń zostało umożliwione uczniom na dwa sposoby. Pierwszy to organizacja całodniowych warsztatów, prowadzonych przez zespół DEiS, wprowadzających w zagadnienie techniki pomiarów promieniowania jonizującego i analizy danych. Realizacji drugiej formy udostępniania liczników przyświecało hasło: „Wasz projekt, nasze detektory”. W ramach tej działalności umożliwiono szkołom z całej Polski zgłaszanie autorskich projektów z zakresu fizyki promieniowania jonizującego, a do ich przeprowadzenia zaoferowano nieodpłatne wypożyczenie zestawu dydaktycznego, złożonego z wspomnianego licznika Geigera-Müllera, dwóch liczników Cosmic Watch oraz dodatkowego osprzętu, a także nieodpłatne szkolenie z zakresu używania liczników oraz wsparcie merytoryczne.

Podczas Bazaru Fizycznego zaprezentowane zostaną oba wspomniane liczniki. Pracownicy DEiS zademonstrują szerokie możliwości urządzeń, przedstawią wypracowane metody wykorzystywania tych urządzeń w pracy z uczniami, a także podzielą się bogatym doświadczeniem, zebrany podczas prowadzenia zajęć. Szczegółowo wyjaśnią również, jak skorzystać z oferty udostępniania liczników, przygotowanej przez DEiS.

„Zrób to sam”

K. Nowakowska

ul. Niska 6B, 57-250 Złoty Stok

e-mail: knowakowska@interia.pl

„Zrób to sam”, to projekt, który ma na celu pokazanie jak można wykorzystać materiały powszechnie dostępne, z recyklingu tj. butelki po napojach, rurki, patyczki, sznurek itp., do zbudowania przyrządów, służących jako pomoce dydaktyczne do nauczania fizyki. Przedstawiane przyrządy, tj. różnego rodzaju wiatraki, pompy, karuzele czy fontanny, są łatwe do wykonania zarówno przez nauczyciela, jak i ucznia. Uczniowie wykonujący własnoręcznie przyrządy będą rozwijać własną wyobraźnię do konstruowania i zastosowania przyrządu, co wpłynie na lepsze wyniki w nauce, bo teorię zastąpimy praktyką. Mogą być one służyć do nauczania treści związanych m.in. z energią kinetyczną, potencjalną ruchu postępowego i obrotowego, zasadą zachowania energii mechanicznej, ciśnienia, wyrównywania ciśnień. Przyrządy mogą być wykorzystane na początku lekcji jako wstęp (postawienie problemu do rozwiązania czy zainteresowanie ucznia tematem), w trakcie lekcji czy jako podsumowanie – zamienią lekcję w przygodę. Prezentowane wiatraki to urządzenia z projektu „Wiatrakowy zawrót głowy”, który zajął pierwsze miejsce w kategorii „Diversity in STEM education” na Sience on Stage Praga 2022.

Zastosowanie arkusza kalkulacyjnego do rozwiązywania równań ruchu

P. Perkowski

*Instytut Fizyki Technicznej,
Wojskowa Akademia Techniczna,
ul. Gen. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: pawel.perkowski@wat.edu.pl*

Arkusz kalkulacyjny MS Excel jest szeroko dostępnym programem. Używamy go do prostych obliczeń czy wykresów. Nie korzystamy z wielu jego możliwości. Możemy go łatwo zastosować do rozwiązywania równań ruchu. Procedura obliczeniowa jest prosta. Każdy uczeń liceum powinien dać sobie radę z rozwiązaniem prostego równania ruchu w Excelu. Czego dzięki temu rozwiązaniu się dowie? Zobacz, że znając warunki początkowe oraz siły działające na ciało możemy odpowiedzieć na pytanie, gdzie w danej chwili będzie się znajdowało ciało, a więc odtworzyć krok po kroku tor ruchu ciała.

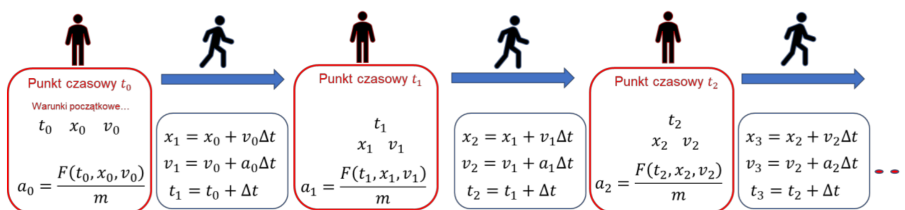
Z matematycznego punktu widzenia równania ruchu są równaniami różniczkowymi, wynikającymi wprost z drugiej zasady dynamiki Newtona.

$$m\vec{a} = m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{F}(\vec{r}, \vec{v}, t) \quad (1)$$

Po lewej stronie mamy iloczyn masy m i przyspieszenia $\vec{a}$, a po prawej jest wypadkowa siła $\vec{F}$, która jest w ogólności funkcją położenia $\vec{r}$, prędkości $\vec{v}$ oraz czasu t . Z matematycznego punktu widzenia jest to równanie funkcyjne czyli jego rozwiązaniem jest funkcja $\vec{r}(t)$, opisująca jak się zmienia położenie ciała w czasie. Nie zawsze jesteśmy w stanie rozwiązać analitycznie tego typu równanie. Wówczas przychodzi nam z pomocą możliwość rozwiązania numerycznego. I tu przyda się Excel. Jeżeli nawet rozwiązanie analityczne jest nietrudne do wyznaczenia, to zastosowanie Excela do szybkiego zorientowania się, jakiego kształtu rozwiązanie się spodziewać, wydaje się kuszącą możliwością.

W celu rozwiązania zagadnienia z dynamiki musimy równanie różniczkowe dyskretyzować (podzielić na czasowe kroki obliczeniowe) i zamienić w schemat różnicowy. Rozwiązanie polega na określeniu w danej (i -tej) chwili t_i wartości siły $\vec{F}_i$, działającej na ciało, stąd obliczamy przyspieszenie $\vec{a}_i$. Następnie wyznaczamy prędkość $\vec{v}_{i+1}$ i położenie $\vec{r}_{i+1}$ w chwili następnej ($i+1$). Następnie przechodzimy do chwili następnej i procedura obliczeniowa powtarza się (Rysunek 1).

W prezentacji zostanie pokazanych kilka rozwiązań numerycznych zagadnień dwuwymiarowych, które można by przedstawić uczniom.



Rysunek 1: Schemat wyznaczania w kolejnych punktach czasowych schematu różnicowego wartości przyspieszenia, prędkości oraz położenia

Bibliografia

- [1] Perkowski P., wykład w ramach 26 Festiwalu Nauki w Warszawie pt. „Zastosowanie arkusza kalkulacyjnego w rozwiązywaniu prostych zagadnień z dynamiki”, (<https://www.youtube.com/watch?v=l9FQ46shsIw&t=505s>).

Escaperoom: Odkrywaj Świat Fizyki

D. Wejer, J. Gondek

*Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki,
Uniwersytet Gdański,
ul. Wita Stwosza 57, 80-308 Gdańsk
e-mail: dorota.wejer@ug.edu.pl*

Escaperoomy, znane również jako pokoje zagadek, zyskały na popularności na całym świecie, ze względu na unikalny charakter rozrywki, jaką oferują. Stawiają przed uczestnikami wyzwanie rozwiązywania szeregu zagadek, łamigłówek oraz zadań wymagających wiedzy, intelektu i aktywności fizycznej, po to by uciec z zamkniętego pomieszczenia w określonym czasie. Escaperoomy są w istocie symulacjami sytuacji, które angażują umysł i zmysły w sposób, który może być nie tylko zabawny, ale także edukacyjny. Mogą być skutecznie wykorzystane jako innowacyjne narzędzia dydaktyczne.

Szczególnie w obszarze nauk ścisłych i przyrodniczych – do których zaliczana jest fizyka – escaperoomy mogą stać się rozbudzającym kreatywność sposobem na popularyzację i zrozumienie nawet skomplikowanych zjawisk przyrodniczych. Wykorzystując interaktywne elementy, angażując się w przewidzianą scenariuszem historię, uczniowie/studenci mogą doświadczać na przykład zasad fizyki.

Podczas 48. Zjazdu Fizyków Polskich zaprezentujemy escaperoom, który został zaprojektowany przez nasz zespół specjalnie z myślą o studentach Wydziału Matematyki, Fizyki i Informatyki Uniwersytetu Gdańskiego oraz odwiedzających go uczniach. Dlatego nasz escaperoom nie jest typowym pokojem zagadek; osoby, które do niego wejdą muszą rozwiązać serię zagadek i zadań, ściśle związanych z fizyką. Na przykład, aby przejść do kolejnego etapu gry jej uczestnicy mogą być postawieni przed wyzwaniem rozwiązania problemu, opartego na zasadach dynamiki Newtona albo zastosowania zasad zachowania energii czy momentu pędu.

Stworzony przez nas escaperoom ma pokazać, że proces nauczania może być ciekawy i angażujący intelekt i kreatywność uczniów/studentów oraz zwrócić uwagę na to, że nauczanie to coś więcej, niż tylko przekazywanie teorii w postaci reguł do zapamiętania.

Nasz escaperoom będzie dostępny dla wszystkich zainteresowanych podczas *Bazaru Fizycznego*.

Kondycja nauczania fizyki w polskich szkołach – szanse i ryzyko

T. Greczyło¹, A. Kolincio², R. Naskręcki^{3,4}, D. Sokołowska⁵,
D. Szczepaniak⁶, K. Turzyński⁷, A. Wysmolek⁷

¹Wydział Fizyki i Astronomii, Uniwersytet Wrocławski, Wrocław

²III Liceum Ogólnokształcące im. Marynarki Wojennej RP w Gdyni, Gdynia

³Centrum ECOTECH-COMPLEX, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin

⁴Centrum NanoBioMedyczne, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Poznań

⁵Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

⁶Akademickie Liceum Ogólnokształcące Politechniki Wrocławskiej we Wrocławiu, Wrocław

⁷Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski, Warszawa

e-mail: andrzej.wysmolek@fuw.edu.pl

Tematyka panelu dyskusyjnego jest bardzo szeroka – obejmuje zagadnienia od szkoły podstawowej (a może i przedszkola) po studia wyższe. Zaczniemy dyskusję od zastanowienia się nad rolą fizyki, jako przedmiotu ogólnokształcącego. Czy wszyscy powinni uczyć się fizyki?

Czy przekazywanie wiedzy i kształcenie kompetencji mogą iść w parze? Jakiej podstawy programowej życzylibyśmy sobie na etapie szkoły podstawowej, a jakiej na etapie liceum/technikum?

Jakie znaczenie ma relacja uczeń-mistrz oraz relacje pomiędzy uczniami we współczesnej edukacji?

Jak ważna jest czasoprzestrzeń, która sprzyja uczeniu się uczniów od siebie nawzajem oraz pomaga w rozwoju kreatywności?

Czy właściwym rozwiązaniem jest ograniczenie materiału obowiązkowego, ale z możliwością poszerzenia, wynikającego z zainteresowań uczniów?

Czy aktualne programy i formy studiowania fizyki są adekwatne do potrzeb i możliwości wynikających z rozwoju technologii?

Jak ważne dla nauczania fizyki jest umożliwienie realizacji na uczelniach badań dydaktycznych w formie doktoratu oraz prac habilitacyjnych, w ramach dyscypliny fizyka?

Czy wykorzystanie sztucznej inteligencji w dydaktyce to dobry pomysł czy konieczność, zarówno na etapie szkolnym jak też na uczelniach?

Podczas dyskusji w gronie ekspertów postaramy się poruszyć przynajmniej część z powyższych tematów, uwzględniając również głosy uczestników panelu dyskusyjnego.

New Frontiers for Interaction-Induced States

I. Mandal

*Institute of Nuclear Physics
Polish Academy of Sciences,
ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków*

Condensed matter physics is the physics of solids and liquids (condensed phases of matter). It is the study of the complex behaviour of a large number of interacting particles such that their collective behaviour gives rise to emergent properties. In this talk, I will discuss some interesting quantum condensed matter systems with their intriguing emergent phenomena arising from complexity.

In this talk, I will focus on critical Fermi surface states, where there is a well-defined Fermi surface, but no quasiparticles, as a result of strong interactions between the Fermi surface and some emergent massless boson(s). I will outline a framework to extract the low-energy physics of such systems in a controlled approximation, using the tool of dimensional regularization.

Układy aktywne – biała plama na mapie fizyki teoretycznej

R. Alicki

*Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki,
Uniwersytet Gdański,
ul. Wita Stwosza 59, 80-308 Gdańsk*

Nazwa „układy aktywne” jako przeciwieństwo „układów pasywnych” jest mało precyzyjna i dopiero konkretne przykłady pozwalają zrozumieć jej sen. Metalowy pręt umieszczony między dwoma rezerwuarami ciepła o różnych temperaturach lub opornik, przez który płynie prąd z kondensatora nazwiemy układami pasywnymi. Gdy zamiast pręta umieścimy silnik cieplny a zamiast opornika silnik elektryczny to z pewnością mamy do czynienia z układami aktywnymi, przekształcającymi różnicę temperatur lub potencjału elektrochemicznego w pracę mechaniczną, a same urządzenia zawierają elementy ruchome o cyklicznej dynamice. Organizmy żywe to także układy aktywne na wszystkich poziomach organizacji – od pojedynczych komórek do społeczności składających się z wielu jednostek.

Nieco trudniej jest zakwalifikować wynalezione przez człowieka ogniwa elektrochemiczne (baterie, akumulatory), paliwowe, fotowoltaiczne (solarne) i termoelektryczne oraz biologiczne odpowiedniki niektórych z nich (fotosynteza, pompy jonowe). Z jednej strony wytwarzają one pracę w postaci siły elektromotorycznej (SEM) wykorzystując brak równowagi termodynamicznej w otoczeniu, a z drugiej strony, jak twierdzą eksperci, „nie posiadają elementów ruchomych”, nie wykazują cykli termodynamicznych jak typowe silniki i jak to często się określa: „bezpośrednio przekształcają energię chemiczną, promieniowanie lub ciepło w prąd elektryczny”.

Badając, wraz ze współpracownikami (Alejandro Jenkins, David Gelbwaser-Klimovsky, Elisabeth von Hauff, Krzysztof Szczygalski) teoretyczne podstawy działania wspomnianych ogniw dochodzimy do wniosku, że istniejące w literaturze opisy ich funkcjonowania są niepełne lub błędne, a często wręcz niedorzeczne. I tak np. powstawanie SEM w ogniwach fotowoltaicznych i termoelektrycznych próbuje się wyjaśnić za pomocą stałego w czasie potencjału elektrochemicznego. Jednak żaden stacjonarny potencjał, z definicji, nie może być źródłem siły poruszającej ładunki elektryczne wzdłuż zamkniętego obwodu.

Mechanizm generacji SEM w ogniwach elektrochemicznych był tematem ożywionej debaty na przełomie XIX i XX wieku, w której uczestniczyli najwybitniejsi chemicy i fizycy epoki. Nie osiągnięto wówczas konsensusu, gwałtowny rozwój fizyki związany z powstaniem teorii względności a następnie mechaniki kwantowej usunął w cień bardziej przyziemne problemy. Obecnie przy opisie tych ogniw rozważa się wyłącznie bilans energii-entropii w procesach elektrochemicznych oraz pasywne procesy dyfuzji jonów, nie dyskutując samego mechanizmu generacji SEM.

W przypadku ogniw fotowoltaicznych uznano za wystarczający obrazek, w którym poprzez wewnętrzny efekt fotoelektryczny w paśmie przewodnictwa pojawiają się dodatkowe elektrony a następnie ich energia w jakiś sposób zamieniana jest na SEM. Co do tego sposobu istnieją bardzo rozbieżne koncepcje – od gradientu stacjonarnego potencjału (sic!) do „selektywnych kontaktów”, przypominających „demona Maxwella” egzorcyzmowanego już w roku 1912 przez Mariana Smoluchowskiego.

Najbardziej znanym wkładem fizyki teoretycznej do omawianych problemów była, nagrodzona Noblem, liniowa termodynamika Onsagera, stworzona głównie dla opisu efektu termoelektrycznego. Nie wyjaśnia ona jednak mechanizmu powstawania SEM, a jedynie opisuje pasywne procesy transportu używając gradientów potencjałów termodynamicznych, podobnie jak jej późniejsze „nieliniowe” uogólnienie, zaproponowane przez innego laureata nagrody Nobla - Ilię Prigogina.

Aby zrozumieć konieczność traktowania ogniw jako układów aktywnych rozważmy model, w którym dwa różne materiały przewodzące prąd tworzą złącze. Mogą to być złącza p-n dla ogniw fotowoltaicznych i termoelektrycznych lub układy elektrolit-elektroda dla baterii czy ogniw paliwowych (a także pierwszego ogniwa fotowoltaicznego Becquerela). Różnica potencjałów chemicznych $\Delta\mu$ elektronów (lub jonów) powoduje po połączeniu materiałów chwilowy przepływ ładunków do momentu, gdy potencjał elektrostatyczny V utworzonej w ten sposób elektrostatycznej warstwy podwójnej na granicy materiałów całkowicie skompensuje początkową różnicę $\Delta\mu$, t.j. $qV = \Delta\mu$. Wypadkowy stały potencjał elektrochemiczny w całej próbce nie może generować prądu elektrycznego, który zawsze jest wywoływany gradientem potencjału elektrochemicznego $qV + \mu$. Aby wytworzyć stałą różnicę tego potencjału pomiędzy elektrodami (równą SEM) należy aktywnie „pompować” elektrony (jony) przez złącze, wbrew początkowemu $\Delta\mu$, redukując powstałą warstwę podwójną. W idealnym przypadku maksymalna wartość SEM może osiągnąć początkową wartość $\Delta\mu$, co zgadza się z doświadczeniem.

Pozostaje pytanie: Jak działa taka pompa elektronowa (jonowa) zlokalizowana na złączu? Najprostsze wyjaśnienie uwzględnia fakt, że utworzona elektrostatyczna warstwa podwójna jest układem w stanie równowagi i na skutek zewnętrznego pobudzenia impulsem powinna oscylować wokół konfiguracji równowagowej. Oczywiście oscylacje te są tłumione przez oddziaływanie z otoczeniem, ale mogą być również podtrzymywane dzięki energii dostarczanej z zewnątrz (energia chemiczna, promieniowanie, ciepło). Umożliwia to znany mechanizm sprzężenia zwrotnego, prowadzący do wszechobecnych w technice drgań samowzbudnych. Drgająca warstwa podwójna oddziałuje z nośnikami ładunku, a asymetria całego układu powoduje pompowanie prądu w ustalonym kierunku. Okazuje się, że mierzona dla wszystkich rodzajów ogniw zależność między natężeniem prądu a napięciem wygląda podobnie do związku między strumieniem cieczy a ciśnieniem dla zwykłych pomp hydraulicznych.

Przedstawiony powyżej mechanizm działania ogniw przeczy rozpowszechnionym wśród ekspertów opiniom. Ogniwa są silnikami połączonymi z generatorami prądu, posiadają elementy ruchome działające cyklicznie, a energia dostarczana z zewnątrz nie jest bezpośrednio przekształcana na prąd elektryczny, ale wymaga pośrednictwa energii mechanicznej zawartej w drganiach warstwy podwójnej.

Powstaje pytanie: Czy możemy usłyszeć pracę takich maszyn, tak jak słyszymy działające silniki spalinowe i elektryczne?

Tak, „słyszymy” ogniwa fotowoltaiczne, ale nie dzięki falom akustycznym lecz dzięki falom elektromagnetycznym o częstościach w obszarze THz lub podczerwieni, emitowanym przez dipolową warstwę podwójną. Niestety, autorzy tych badań nie powiązali do tej pory swoich obserwacji z problemem samego mechanizmu funkcjonowania ogniw. Można się spodziewać, że także inne typy ogniw emitują promieniowanie elektromagnetyczne o względnie niskich częstościach lub nawet ultradźwięki.

Podsumowując, niesłychany postęp w fizyce teoretycznej końca XIX i pierwszej połowy XX w. pozostawił, jako mniej atrakcyjne, obszary badań („białe plamy”) dotyczące jednak bardzo ważnych praktycznie zagadnień. Z drugiej strony, w ciągu ponad 150 lat, fizycy, chemicy i inżynierowie rozwijali metodą prób i błędów, ale z wielkim powodzeniem, technologie wytwarzania i zastosowania urządzeń będących „układami aktywnymi”. Oprócz omawianych tu ogniw do układów tych można zaliczyć np. lasery, złącza Josephsona czy katalizatory chemiczne. Być może przyszedł czas na stworzenie ich spójnej i zunifikowanej teorii.

Bibliografia

- [1] Alicki R., Gelbwaser-Klimovsky D., Jenkins A., A thermodynamic cycle for the solar cell, *Ann. Phys.* 378, 71-87 (2017).
- [2] Alicki R., Szczygielski K., Oscylacje samowzbudne w ogniwach fotowoltaicznych, termoelektrycznych i paliwowych, *Postępy Fizyki* 69, 24-29 (2018).
- [3] Alicki R., Gelbwaser-Klimovsky D., Jenkins A., von Hauff E., Dynamical theory for the battery's electromotive force, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 23, 9428-9439 (2021).

Nowa era fizyki jądrowej

M. Lewitowicz

*Grand Accélérateur National d'Ions Lourds,
Bd Henri Becquerel,
BP 55027 – 14076 CAEN Cedex 05, France*

Współczesna fizyka jądrowa jest dziedziną nauki obfitującą w odkrycia nowych zjawisk i jednocześnie posiadającą ogromny potencjał nowatorskich aplikacji.

Dzięki результатам nowych eksperymentów i modeli teoretycznych podstawy naszej wiedzy o jądrach atomowych i ich oddziaływaniach rozwinięte w połowie XX-go wieku są obecnie diametralnie modyfikowane. Znikanie dobrze znanych oraz pojawianie się nowych liczb magicznych dla jąder dalekich od ścieżki stabilności, odkrycie jąder z halo neutronowym czy synteza nowych pierwiastków superciężkich zmieniły naszą wizję jąder atomowych i spowodowały szybki rozwój nowych modeli teoretycznych. Znacznie dokładniej zostały zbadane procesy rozszczepienia jąder oraz reakcji jądrowych odpowiedzialnych za powstawanie pierwiastków w Kosmosie. Dzięki okryciu fal grawitacyjnych i zaobserwowanej po raz pierwszy syntezie ciężkich pierwiastków w trakcie kolizji dwóch gwiazd neutronowych nastąpił szybki rozwój wielu pokrewnych dyscyplin naukowych takich jak kosmologia, astronomia, astrofizyka, fizyka cząstek elementarnych i fizyka jądrowa.

Dobrze znane są pokojowe zastosowania fizyki jądrowej do produkcji energii elektrycznej czy w medycynie nuklearnej. Leżą one u podstaw nowych rozwiązań technologicznych takich jak Małe Reaktory Modularne (Small Modular Reactors - SMR) czy systemy ADS (Accelerator Driven Systems). Spektakularne rezultaty w leczeniu chorób nowotworowych terapią protonową oraz radioizotopami otworzyły drogę do ich szybkiego rozwoju w wielu krajach na świecie. Wśród nowych zastosowań w medycynie można wymienić również terapię emiterami cząstek alfa i tak zwaną theranostykę, czyli diagnostykę onkologiczną i terapię przy użyciu izotopów promieniotwórczych tego samego pierwiastka.

Zjawiska fizyki jądrowej są również bardzo istotne w telekomunikacji satelitarnej, w ochronie i badaniach dzieł sztuki, w kryminalistyce, w badaniach środowiska naturalnego i w wielu innych. Ochrona przed promieniowaniem jonizującym np. w wypadku nadmiernej koncentracji radonu czy w pobliżu silnych źródeł promieniotwórczych wymaga nowoczesnych zastosowań technologicznych. Również planowana załogowa podróż na Marsa będzie możliwa tylko po rozwiązaniu problemu dostatecznej ochrony astronautów przed promieniowaniem kosmicznym.

Szczególną rolę w rozwoju powyżej wymienionych badań i zastosowań odgrywają duże infrastruktury badawcze. Są one wyposażone w nowoczesne zespoły akceleratorów cząstek naładowanych lub reaktory jądrowe. Europa posiada unikalną sieć dużych infrastruktur dla badań w dziedzinie cząstek elementarnych i fizyki jądrowej, do której należą dobrze znane laboratoria takie jak CERN w Szwajcarii i Francji,

GSI w Darmstadt w Niemczech, GANIL w Caen we Francji, LNL w Legnaro i LNS w Katanii we Włoszech, PSI w Villingen w Szwajcarii, SCK-CEN w Mol w Belgii i ILL w Grenoble we Francji. Wszystkie te infrastruktury współpracują ze sobą jak również z innymi laboratoriami narodowymi w ramach europejskich programów integracyjnych. W wielu laboratoriach powstają dziś zupełnie nowe akceleratory cząstek takie jak FAIR, SPIRAL2, SPES czy MYRRHA mające na celu produkcję wiązek jonów o dużych intensywnościach.

Wykład będzie poświęcony przykładom ilustrującym nową erę w nowoczesnej fizyce jądrowej w Europie i jej nowych zastosowań oraz rolę dużych infrastruktur badawczych w dalszym rozwoju tej dyscypliny nauki.

Możliwości finansowania badań w Horyzoncie Europa

R. Downar-Zapolska

*Horyzontalny Punkt Kontaktowy Polska Północna,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: hpk@pg.edu.pl*

W prezentacji zostaną przedstawione możliwości finansowania badań, które oferuje Program Ramowy Unii Europejskiej Horyzont Europa. Zaprezentowana zostanie struktura, zasady udziału oraz korzyści z realizacji projektów Horyzontu Europa. Szczególna uwaga zostanie zwrócona na Granty Europejskiej Rady ds. Badań Naukowych (European Research Council – ERC) i ich wpływ na rozwój kariery naukowej. Przedstawione zostaną statystyki udziału polskich naukowców i polski system wsparcia przy aplikowaniu o granty.

Wykorzystanie ultradokładnej spektroskopii laserowej do testowania teorii kwantowej i poszukiwania nowej fizyki

P. Wcisło

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

Rozwój ultranowoczesnych technologii laserowych otwiera drogę do nowych ekscytujących badań, skupiających się na testowaniu teorii kwantowej i poszukiwaniu nowej fizyki, wychodzącej poza Model Standardowy. Z jednej strony kluczowym technologicznym komponentem są układy laserowe o pracy ciągłej, bardzo wąskie spektralnie, z szerokim pasmem modulacji, co umożliwia ich ciasne dowiązanie do wnęk optycznych o ultrawysokiej finezji. Daje to technologiczną możliwość wytwarzania pola laserowego o bardzo dużej mocy „upakowanej” w niezwykle wąski zakres spektralny. Drugim kluczowym komponentem w tej dziedzinie są lasery femtosekundowe pracujące w konfiguracji tzw. grzebieni częstości optycznych, które stanowią swoistą skalę pomiarową w domenie częstotliwości optycznej umożliwiającą pomiar częstotliwości optycznych z dokładnością przekraczającą 1 Hz. Kombinacja tych dwóch technologii daje idealne narzędzie do uprawiania ultradokładnej spektroskopii atomowej i molekularnej, tzn. pozwala wytworzyć falę elektromagnetyczną o bardzo dobrze określonej częstotliwości (nie tylko wąska spektralnie, ale absolutna wartość częstotliwości jest bardzo dobrze kontrolowana). W trakcie referatu opowiem o prowadzonych przez nas projektach wykorzystujących te technologie których celem jest testowanie teorii kwantowej i poszukiwaniu nowej fizyki. Opowiem o projekcie poszukiwania ciemnej materii i zmienności stałych fundamentalnych z użyciem optycznych zegarów atomowych, oraz o projekcie testowania elektrodynamiki kwantowej z użyciem ultradokładnej spektroskopii molekularnego wodoru.

Długozasięgowe korelacje i ich efekty w równowagowej i nierównowagowej fizyce statystycznej

A. Maciołek

*Instytut Chemii Fizycznej
Polskiej Akademii Nauk w Warszawie,
ul. Kasprzaka 44/52, 01-234 Warszawa*

Korelacje dalekiego zasięgu odgrywają ważną rolę zarówno we właściwościach statycznych, jak i dynamicznych układów wielociałowych. Jeden z ciekawych przykładów dotyczy korelacji fluktuacji. Choć często nie są one szczególnie interesujące ani istotne, fluktuacje odgrywają fundamentalną rolę, jeśli są skorelowane przestrzennie, tj. gdy sięgają mezoskopowych odległości w przestrzeni. Na tym poziomie mogą powodować siły fizyczne – tak zwane siły indukowane fluktuacjami – które zostały zmierzone w wielu różnych układach i konfiguracjach w skali mikrometra.

Prominentne przykłady przestrzennie skorelowanych fluktuacji można znaleźć w polu elektromagnetycznym, czego wynikiem jest słynny efekt Casimira elektrodynamiki kwantowej, oraz w ośrodkach płynnych w pobliżu punktu krytycznego, powodując tak zwany krytyczny efekt Casimira. Mój wykład skupia się na efektach fluktuacji termicznych wykazując, że przypadek ten obejmuje interesujące zachowania równowagowe i nierównowagowe w wielu różnych układach fizycznych - od płynów molekularnych, poprzez zawiesiny koloidalne do membran biologicznych. Sytuacje poza równowagą termiczną, takie jak materia aktywna, otwierają jeszcze szersze możliwości ze względu na ogólne pojawienie się dalekosiężnych korelacji, które w różnych przypadkach można przewidzieć teoretycznie.

Na zakończenie zaprezentuję osobliwy układ sieciowy, złożony ze słabo połączonych nanometrowych pojemników wpisanych w regularny wzór i wypełnionych cieczą, który mimo że pudełka mają odstępów mezoskopowe, przy odpowiednim dostrojeniu parametrów rozwija uporządkowanie dalekosiężne. Układ ten może mieć znaczenie jako potencjalny mechanizm kontroli biologicznej i może obejmować kwantowe modele spinowe, a może nawet systemy sprzężonych kropek kwantowych.

Kotki Schroedingera na smyczy – czyli technologie kwantowe AD 2023

R. Demkowicz-Dobrzański

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

Komputery kwantowe, kryptografia kwantowa, kwantowa teleportacja, kwantowe radary, kwantowe sensory i wiele innych idei zbiorczo określanych mianem technologii kwantowych, rozpalają w ostatnich latach wyobraźnię fizyków, laików, biznesmenów i nawet niektórych co bardziej wykształconych polityków. W dziedzinę technologii kwantowych zainwestowano znaczące środki finansowe zarówno publiczne jak i prywatne, a największe firmy technologiczne takie jak IBM, Google czy Amazon postawiły sobie za punkt honoru udowodnienie, że są na czele kwantowego wyścigu. Podstawą wszystkich technologii kwantowych jest umiejętność manipulacji stanami pojedynczymi układów kwantowych (atomów, fotonów) i wykorzystania własności superpozycji kwantowej i/lub splątania kwantowego aby wykonać zadania lepiej, niż są tego w stanie dokonać jakiegokolwiek technologie ignorujące kwantowy potencjał mikroświata. Dlaczego jednak wciąż nie używamy komputerów kwantowych do wykonania jakiegokolwiek przydatnego komukolwiek obliczenia? Dlaczego wojsko nie wykorzystuje systemów kryptografii kwantowej, ani kwantowych radarów? Jak dużo w tym co słyszymy na około siebie jest naukowo-biznesowego PR, a ile autentycznej rewolucji technologicznej? Czy koty i kotki Schroedingera dadzą się w końcu ujarzmić, czy też będą nas jedynie zachwycać i zwodzić swą ulotną kwantową naturą?

Nadprzewodnictwo topologiczne

D. Kaczorowski

*Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych
im. Włodzimierza Trzebiatowskiego
Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu,
ul. Okólna 2, 50-422 Wrocław*

W ostatnich kilku latach, jednym z najgorętszych obszarów badań w fizyce ciała stałego jest nadprzewodnictwo topologiczne – nowy, fascynujący stan materii kwantowej, w którym mogą pojawiać się wzbudzenia kwazicząstek Majorany. Mody Majorany mają charakter chronionych topologicznie metalicznych stanów powierzchniowych na poziomie Fermiego objętościowego nadprzewodnika, którego przerwa energetyczna opisywana jest przez topologicznie nietrywialną funkcję falową Bogoliubova-de Gennesa. Niezwykle zainteresowanie tą problematyką wynika z perspektywy wykorzystania kwazicząstek Majorany do realizacji topologicznych qubitów w odpornych na błędy obliczeniach kwantowych.

W swoim wykładzie krótko przedstawię rozmaite próby eksperymentalnej realizacji nadprzewodnictwa topologicznego, takie jak:

- (i) wykorzystanie efektu bliskości w hetero-strukturach zbudowanych z trywialnego nadprzewodnika i półprzewodnika, łańcucha atomów ferromagnetycznych albo izolatora topologicznego,
- (ii) modyfikacja struktury elektronowej topologicznych izolatorów lub topologicznych semimetali w pobliżu energii Fermiego za pomocą wstrzykiwania ładunków, domieszkowania lub podstawień chemicznych,
- (iii) wykorzystanie zewnętrznego ciśnienia hydrostatycznego.

Specjalną uwagę poświęcę materiałom, które wykazują niekonwencjonalne nadprzewodnictwo objętościowe charakteryzowane przez stany węzłowe w przerwie nadprzewodzącej lub też spontanicznie złamaną symetrię odbicia w czasie. Tu omówię nieco szerzej własne próby identyfikacji nadprzewodnictwa topologicznego w rozmaitych związkach bizmutu, a w szczególności w fazach Heuslera na bazie pierwiastków ziem rzadkich.

Podziękowania

Projekt realizowany w ramach grantów Narodowego Centrum Nauki:

- OPUS 2011/01/B/ST3/04466,
- MAESTRO 2015/18/A/ST3/00057,
- SHENG 2021/40/Q/ST5/00066.

Sensory kwantowe jako narzędzie poszukiwań fizyki poza Modelem Standardowym

S. Pustelny^{1,2}

¹ *Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Jagielloński,
ul. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków*

² *Kolaboracja GNOME*

Niezależnie od sukcesów, które współczesna fizyka osiągnęła w ostatnich 100 latach, nauka ta wydaje się stać na rozdrożu. Wiele bowiem wskazuje na to, że szereg luk w naszym opisie świata i niewytłumaczalnych obserwacji może mieć fundamentalne znaczenie dla dalszego rozwoju tej dyscypliny. Być może nowe odkrycia doprowadzą do rewolucji podobnej do tej, do której doszło na początku XX wieku i która w sposób kardynalny zmieniła nasze rozumienie świata.

Zgodnie z różnego rodzaju rankingami, jednym z 10 najważniejszych problemów, jakie stoją przed współczesną nauką jest zrozumienie problemu i natury ciemnej materii. Wiele niezależnych obserwacji astronomicznych, w tym niezrozumiały ruch ciał niebieskich, mikrosoczewkowanie grawitacyjne w pozornie pustej przestrzeni czy fluktuacje w widmie mikrofalowego promieniowania tła, wskazuje na istnienie dotąd nieodkrytych składników materii. Jediną znaną nam manifestacją tej dodatkowej materii jest oddziaływanie grawitacyjne, mimo że próby jej bezpośredniej rejestracji trwają od wielu dziesięcioleci.

Mimo, że nasza wiedza dotycząca ciemnej materii jest bardzo ograniczona, a masa samych potencjalnych „ciemnomaterialnych” cząstek/obiektów rozciąga się w przedziale od 10^{-22} eV/ c^2 dla najlżejszych cząstek, do 10^{50} eV/ c^2 dla masywnych obiektów astronomicznych, gdzie c jest prędkością światła w próżni, wydaje się, że pewne informacje dotyczące ciemnej materii jednak posiadamy. W szczególności, wydaje się, że średnia gęstość ciemnej materii jest blisko pięciokrotnie większa od gęstości („zwykłej”) materii barionowej. Rodzi to oczywiste pytanie o to dlaczego tak trudno jest ciemną materię bezpośrednio zaobserwować?

Istnieją trzy potencjalne powody, które mogą być odpowiedzialne za brak dotychczasowej ewidencji istnienia ciemnej materii. Pierwszym może być zbyt mała czułość dotychczasowych eksperymentów. Choć wydaje się to zaskakujące, gdyż ciemnej materii jest przecież pięciokrotnie więcej niż materii „zwyczajnej”, a o istnieniu tej drugiej nikt nie musi nas przekonywać, to jednak źródła tego paradoksu należy upatrywać w bardzo „nienaturalnych” warunkach jakie panują wokół nas. Podczas gdy na Ziemi, w 1 cm³ jest rzędu 10^{23} protonów, to średnia wartość gęstości ciemnej materii (~ 0.4 GeV/cm³) oznacza, że jedna cząstka ciemnej materii o masie porównywalnej z masą protonu znajdowałaby się w 2.5 cm³. Nieporozumienie zatem bierze się stąd, że gęstość materii na Ziemi jest średnio ok. 10^{24} razy wyższa niż średnia gęstość

materii barionowej we Wszechświecie. Tak więc nawet jeśli cząstki ciemnej materii istnieją to może ich być po prostu bardzo mało. Ich rejestracja staje się zatem problematyczna. Oczywiście same cząstki ciemnej materii mogą mieć dużo mniejszą masę. Wówczas za brak ich dotychczasowej rejestracji mógłby być odpowiedzialny fakt ich bardzo słabego pozagrawitacyjnego oddziaływania ze zwykłą materią barionową.

Drugim potencjalnym wytłumaczeniem braku bezpośredniego doświadczalnego dowodu istnienia ciemnej materii jest... jej brak. Być może szereg obserwacji, które sugerują istnienie ciemnej materii jest ze sobą niezwiązanych i da się je wytłumaczyć nie zakładając istnienia dodatkowej materii, ale poprzez modyfikację dotychczasowych praw fizyki. Przykładowo zmiana dalekozasiegowego skalowania oddziaływania grawitacyjnego mogłaby tłumaczyć inny ruch gwiazd w galaktykach czy gromadach galaktyk. Inne efekty mogłyby być odpowiedzialne za soczewkowanie grawitacyjne w pozornie pustej przestrzeni, które tak spektakularnie manifestuje się w przypadku gromady galaktyk 1E0657-558 (ang. Bullet Cluster). Warto jednak w tym miejscu zaznaczyć, że do tej pory nie powstał żaden wewnętrznie spójny model teoretyczny, który pozytywnie przechodziłby konfrontacje z danymi obserwacyjnymi. Nie wyklucza to oczywiście możliwości powstania takiej teorii.

Trzecim potencjalnym powodem braku wykrycia ciemnej materii mogą być „błędy” metodologiczne prowadzonych poszukiwań. Znacząca część prowadzonych do tej pory eksperymentów była bowiem nakierowana na wykrycie efektów, które cząstki ciemnej materii wywierają na atomy. Przykładem tego typu badań są eksperymenty, w których na skutek rozpraszania ciemnej materii atomy podlegają odrzutowi czego skutkiem jest rozbłysk „światła”. Aby efekt rozpraszania był wykrywalny, podejście to zakłada dużą masę rozpraszanych cząstek ciemnej materii. Tego typu strategia świetnie sprawdza się w przypadku poszukiwań tzw. WIMPów, których masy miałyby leżeć w przedziale od GeV/c^2 do TeV/c^2 i które przez wiele dekad były głównymi kandydatami na cząstki ciemnej materii. W przypadku cząstek lżejszych strategia ta zawodzi, gdyż potencjalny efekt odrzutu jest zaniedbywalny. Co więcej, może się nawet okazać, że cząstki ciemnej materii mają tak małą masę, a co za tym idzie tak dużą długość fali de Broglie’a, że zachowują się one nie jak pojedyncze obiekty mikroskopowe, ale jak fale. Oczywiście jest, że poszukiwania tego typu cząstek wymagają implementacji zupełnie nowych strategii.

Jednym ze sztandarowych przykładów ultralekkiej ciemnej materii są aksjony. Miałyby to być lekkie, bezspinowe i pozbawione ładunku elektrycznego cząstki, których istnienie zostało zapostulowane w celu wyjaśnienia problemu braku łamania symetrii CP w oddziaływaniach silnych. Aksjony miałyby słabo oddziaływać z materią barionową poprzez pole elektromagnetyczne lub zmianę właściwości fizycznych cząstek zwykłej materii. Przykładowo oddziaływanie z nimi mogłoby powodować modyfikację stałych fundamentalnych czy też pojawienie się pól podobnych w swej naturze do pól magnetycznych, choć nie będących tymi polami (inne stałe sprzężenia do elektronów, protonów i neutronów). Dlatego też do wykrycia aksjonów mogłyby zostać wykorzystane najbardziej czułe spośród czujników tj. czujniki kwantowe, a w szczególności optyczne zegary atomowe i magnetometry optyczne.

Jedną z ciekawych postulowanych właściwości „pola aksjonowego” jest możliwość jego samoorganizacji i stworzenia przez nie większych struktur. W ten sposób pole aksjonowe mogłoby się cechować strukturą topologiczną czy mogłyby powstawać obiekty złożone takie jak np. ciemnomaterialne planety. Impuls pola aksjonowego mógłby

także powstawać pod wpływem gwałtownych zjawisk astrofizycznych, takich jak zderzenie czarnych dziur czy rozbłysk supernowej. W takich przypadkach oddziaływanie z ciemną materią powodowałoby tylko chwilowe efekty w czujnikach. Ich wykrycie i jednoznaczna identyfikacja wymaga implementacji nowych strategii poszukiwawczych. Odpowiedzią na to wyzwanie jest stworzenie przez nas sieci zsynchronizowanych magnetometrów optycznych GNOME.

Podczas referatu, oprócz omówienia motywacji do poszukiwań ultralekkiej ciemnej materii, przedstawione zostaną podstawy działania geograficznie rozproszonej sieci GNOME, bazującej na synchronicznych pomiarach sygnałów z magnetometrów optycznych, działających w magnetycznie izolowanym środowisku. Działanie sieci zostanie przeanalizowane w oparciu o dotychczasowe kampanie pomiarowe. Pozwoli to m.in. na omówienie jednego z modeli teoretycznych, który badany był w oparciu o wyniki uzyskane przy pomocy sieci GNOME. Całość podsumowana będzie planami na dalsze działanie sieci.

The Hubble Tension. The Evidence of New Physics?

G. Pietrzyński

*Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika
Polskiej Akademii Nauk,
ul. Rabiańska 8, 87-100 Toruń*

After the detection of the accelerated expansion of the Universe and the introduction of an enigmatic „dark energy” component of the matter-energy content of the Universe, the physical explanation of the nature of dark energy has become a major challenge for astronomers and physicists. The recent empirical determinations of H_0 complicated even more our understanding of the Universe since they differ by about 4σ from the value obtained from Planck data and the Λ CDM model, which suggests that new physics might be required in the models.

I will present the recent progress on Hubble constant determination based on standard candles. In particular, I will concentrate on the calibration of an eclipsing binary method (often called Polish cosmic yardstick) which will yield 1% distances a thousand times further out than Gaia parallaxes. The great advantage of our approach is the full control of all the potential errors affecting the distance determinations, including the critical systematic errors that are elusive in most of other methods. Such accurate distances to the set of nearby galaxies will allow to very carefully check on the systematic errors in the applications of standard candles in H_0 determinations. Together with the new data from space telescopes supplemented with photometry and spectroscopy collected in the Polish Astrophysical Observatory in Chile, we expect to determine the H_0 with an unprecedented precision of 1%, which should shed light on the Hubble tension and physical nature of dark energy.

Fizyka Everestowania

M. Bier

*Department of Physics,
East Carolina University,
Greenville, NC 27858, Stany Zjednoczone
e-mail: bierm@ecu.edu*

„Everestowanie” oznacza jazdę w górę i w dół na rowerze po tym samym stoku, aż w trakcie wielokrotnych podjazdów zostanie zakumulowana wysokość Mount Everestu (8848 m). Ma to być zrobione w jak najkrótszym czasie. Są oficjalnie sformułowane zasady i można weryfikować osiągnięcia przez GPS i internet. Sugerowano, że znaczną przewagę można uzyskać, mając silny tylny wiatr na podjazdach. Dokonujemy oceny ilościowej i pokazujemy, że efekt takiego tylnego wiatru jest niewielki. Wykorzystując współczynniki kontrolne, oceniamy ponadto, ile korzyści można uzyskać z redukcji masy, zwiększonej mocy, ulepszonej aerodynamiki, itp.

Problem dwóch ciał w relatywistycznej teorii kwantowej

K. Pachucki

*Wydział Fizyki,
Uniwersytet Warszawski,
ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa
e-mail: krzysztof.pachucki@fuw.edu.pl*

Układy dwuciałowe, takie jak wodór (e^-p^+), pozytronium (e^+e^-), czy też mionium (μ^+e^-) zostały już dość wcześnie rozpoznane, jako użyteczne narzędzia do testowania oddziaływań fundamentalnych. A to dlatego, że ich poziomy energetyczne mogą zasadniczo być obliczone analitycznie, czy też numerycznie z bardzo dużą dokładnością, ograniczoną jedynie przez wartości fundamentalnych stałych fizycznych. Z punktu widzenia teorii nierelatywistycznej, układ dwóch ciał oddziaływujących potencjałem Coulomba rozwiązuje się ściśle, zastępując go układem jednociłowym z masą zredukowaną. W teorii relatywistycznej nie jest to już możliwe, nie wiemy czym zastąpić natychmiastowe oddziaływanie Coulomba i jak sformułować relatywistyczne równanie dla dwóch ciał o dowolnych masach, mogące być podstawą do praktycznych obliczeń wielociłowych. Mimo braku wystarczających podstaw fizycznych, do opisu atomów i cząsteczek powszechnie stosowane jest wielocząstkowe równanie Diraca z oddziaływaniem Coulomba i Breita. W ramach tego sformułowania nie daje się jednak oszacować dokładności obliczeń. Jedynie w ramach tzw. nierelatywistycznej elektrodynamiki kwantowej można wykonać obliczenia dla lekkich układów atomowych z kontrolowaną dokładnością. Przedstawię wyniki tych obliczeń dla układów dwuciałowych składających się z mionu i lekkiego jądra, na podstawie których wyznaczone zostały promienie ładunkowe tych jąder.

Bibliografia

- [1] Pachucki K., Lensky V., Hagelstein F., Li Muli S. S., Bacca S., Pohl R., arXiv:2212.13782 (2022).

LHC jako zderzacz fotonów, wyniki eksperymentu ATLAS

I. Grabowska-Bołd

*Katedra Oddziaływań i Detekcji Cząstek,
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej,
Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

Na LHC oprócz badań zderzeń proton-proton przez miesiąc w roku wykonywany jest program fizyki ciężkich jonów, w którym zderzane są jądra ciężkich pierwiastków. Takim relatywistycznym wiązkom naładowanych jonów towarzyszy duży strumień równoważnych fotonów, co w konsekwencji prowadzi do procesów indukowanych fotonami. W referacie przedstawione zostaną najnowsze wyniki pomiarów takich procesów, wykonane w danych zebranych w latach 2015-2018 (tzw. Run 2) przez Współpracę ATLAS na LHC. W szczególności omówiona zostanie ekskluzywna produkcja par leptonów (elektronów, mionów i taonów). Procesy te nakładają silne ograniczenia na strumień fotonów jądrowych i jego zależność od parametru zderzenia i energii fotonu. W szczególności pomiary przekrojów czynnych w obecności neutronów emitowanych w tzw. obszarze „do przodu” dostarczają dodatkowej eksperymentalnej odpowiedzi na zakres parametrów zderzenia, próbkowanych w analizowanych przypadkach. Ponadto pionierskie pomiary produkcji par leptonów tau w zderzeniach ołów-ołów dostarczają ograniczeń na anomalny magnetyczny moment dipolowy taonu. Również stosunkowo wysokie liczby przypadków dla rozpraszania fotonów na fotonach (z ang. light-by-light scattering) dostępne w pełnym zbiorze danych Run 2 z LHC stanowią wyjątkową okazję do zbadania rozszerzeń Modelu Standardowego na obecność cząstek podobnych do aksjonów. Wreszcie przedstawione pomiary par mionów powstałych w procesach rozpraszania dwufotonowego w zderzeniach hadronowych ołów-ołów stanowią nowatorski test silnego pola elektromagnetycznego i potencjalnie mogą być czułą sondą elektromagnetyczną plazmy kwarkowo-gluonowej. Przedstawione wyniki zostaną porównywane z najnowszymi obliczeniami teoretycznymi.

Procesy towarzyszące zderzeniom niskoenergetycznych elektronów z drobinami w fazie gazowej

M. Zawadzki

*Zakład Fizyki Zderzeń Elektronowych,
Instytut Fizyki i Informatyki Stosowanej,
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Gabriela Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk*

Rozpraszanie elektronów na kompleksach molekularnych jest jednym z podstawowych narzędzi w zdobywaniu wiedzy na temat procesów towarzyszących interakcji elektron-molekuła. Starannie przygotowane źródła elektronów, tarcze molekularne oraz umiejętne wykrywanie rozproszonych elektronów lub produktów po zderzeniu, dostarcza wielu informacji o procesie rozpraszania, jak i mechanizmach towarzyszących temu oddziaływaniu. Doświadczenia realizowane w laboratorium umożliwiają stworzenie kontrolowanych warunków zderzeń pomiędzy wiązką elektronów i cząsteczkami gazu umieszczonymi na drodze. Celem takich badań jest dokładne poznanie, jak cząsteczki badanego gazu wpływają na kierunek lotu elektronów i jak elektrony zmieniają stan fizyczny i chemiczny badanej tarczy przy określonej energii. Szczególnie interesującym jest zakres niskich energii (< 20 eV), gdzie rozpraszanie jest zdominowane przez procesy rezonansowe. Zaprezentowane zostaną wyniki wykonane na niezależnych układach pomiarowych dla m.in. prostych cząsteczek organicznych, zawierających podwójne i potrójne wiązania molekularne.

Nadprzewodnictwo układów nanoskopowych

T. Domański

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

Stan nadprzewodzący realizuje się w niektórych makroskopowych materiałach dzięki łączeniu elektronów w pary Coopera poprzez wymianę fononów lub niekonwencjonalne mechanizmy indukowane korelacjami. Idealnie skoordynowany ruch par elektronowych prowadzi wtedy do zaniku oporu oraz pełnego ekranowania pola magnetycznego (efekt Meissnera).

Współczesny rozwój technologiczny umożliwił obserwację nowych intrygujących zjawisk w ultra-małych obiektach fizycznych (o rozmiarach nanometra lub mniejszych), umieszczonych w kontakcie z litymi nadprzewodnikami. Poprzez efekt bliskości pary elektronowe wnikaą do nanoskopowych układów. W konsekwencji pojawiają się w nich zarówno typowe cechy nadprzewodników (np. przerwa energetyczna wokół poziomu Fermiego) jak też szereg nieznanych wcześniej zjawisk. Jako przykłady można wymienić: procesy konwersji elektronów w dziury na granicy ośrodków (odbicia Andreeva), powstawanie stanów związanych (kwazicząstki Yu-Shiby-Rusinova) w obszarze przerwy, przejścia kwantowe między konfiguracjami o zmiennej parzystości (statyczne lub dynamiczne) i wiele innych. Ponadto, zwykle antagonistyczna relacja nadprzewodnictwa z magnetyzmem przyjmuje w układach nanoskopowych konstruktywny charakter. Wskutek takiej synergii możliwa jest realizacja topologicznie nietrywialnych faz z egzotycznymi kwazicząstkami Majorany. W referacie przedstawię przegląd aktualności o nadprzewodnictwie nano-układów.

Badanie diagramu fazowego silnie oddziałującej materii

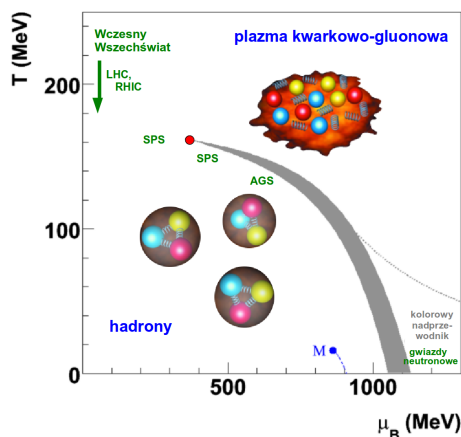
K. Grebieszko

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

Zgodnie z Modelem Wielkiego Wybuchu jednym z etapów ewolucji Wszechświata było powstanie plazmy kwarkowo-gluonowej (*quark-gluon plasma*, QGP), czyli stanu o wysokiej gęstości energii, w którym kwarki i gluony nie są „uwięzione” wewnątrz hadronów. W kolejnych etapach ewolucji, w miarę stygnięcia i rozszerzania się Wszechświata, kwarki łączyły się w hadrony, te dalej w atomy, cząsteczki, aż do gromad galaktyk znanych nam obecnie. Stan QGP staramy się uzyskać w laboratoriach zderzając ciężkie jony np. ołowiu, złota przy wysokich energiach (jony przyspieszane są do prędkości bliskiej prędkości światła). Tworząc taki „uwolniony” stan QGP próbujemy zatem odtworzyć warunki jakie istniały zaraz po Wielkim Wybuchu, zrozumieć ewolucję wczesnego Wszechświata oraz naturę oddziaływań silnych między kwarkami i gluonami.

Z ogromnej energii zderzenia mogą produkować się nowe kwarki (nie tylko u i d , ale i cięższe np. s , c). Już od pierwszych chwil po zderzeniu trwa ekspansja i układ dosłownie rozpryskuje się na wszystkie strony. Kolejnym etapem jest łączenie się swobodnych kwarków w hadrony (tzw. hadronizacja) – nie tylko w protony i neutrony, ale głównie w lekkie piony (mezony π), kaony (mezony K), etc. Dalej trwa ekspansja i ochładzanie, aż na zakończenie ustaną oddziaływania między wyprodukowanymi hadronami. Moment ten nazywamy wymrożeniem. Ściślej, wyróżnia się dwa wymrożenia: chemiczne, kiedy ustala się skład kwarkowy produkowanych cząstek i późniejsze termiczne, kiedy ustają oddziaływania elastyczne (koniec wymiany pędów) między produktami reakcji. W detektorach obserwujemy cząstki już po etapie wymrożenia termicznego. To czy w trakcie zderzenia ciężkich jonów materia jądrowa przeszła w stan QGP wnioskujemy pośrednio poprzez badanie cząstek w stanie końcowym (piony, kaony, protony, etc.). Ich ilości, względne stosunki produkcji, charakterystyki kinematyczne (np. rozkłady pędowe, kątowe, energie) niosą informacje o stanie początkowym – czy w bardzo wczesnej fazie powstała QGP, czy nie. Zderzenia ciężkich jonów przy wysokich energiach są obecnie badane w kilku ośrodkach na świecie. Przykładami akceleratorów są: *Super Proton Synchrotron* (SPS) w CERN, *Relativistic Heavy Ion Collider* (RHIC) w BNL oraz *Large Hadron Collider* (LHC) w CERN.

Diagram fazowy silnie oddziałującej materii (Rysunek 1) najczęściej przedstawiany jest przy użyciu temperatury T oraz barionowego potencjału chemicznego μ_B . Diagram ten, w przeciwieństwie do np. diagramu fazowego wody, jest dość słabo poznany i jego własności dopiero muszą zostać odkryte. Oprócz normalnej materii jądrowej ($T \approx 0$ MeV $\mu_B \approx 940$ MeV) na diagramie mamy obszar gazu hadronowego i plazmy



Rysunek 1: Schematyczny diagram fazowy silnie oddziałującej materii (punkt krytyczny – czerwona kropka, gruba szara linia – przejście fazowe pierwszego rodzaju)

kwarkowo-gluonowej. Uważa się, że dla dużych wartości μ_B przejście fazowe między QGP a gazem złożonym z hadronów jest pierwszego rodzaju i kończy się w punkcie krytycznym (CP), w którym mamy przejście drugiego rodzaju. Za punktem krytycznym (w stronę małych wartości μ_B) mamy do czynienia z gwałtownym, ale ciągłym przejściem (QGP $\leftrightarrow$ hadrony) zwanym „cross-over”. Niestety zarówno położenie linii przejścia I rodzaju, jak i położenie CP nie są obecnie dokładnie znane (istnieje całe spektrum przewidywań dotyczących zarówno samego istnienia, jak i położenia hipotetycznego punktu krytycznego).

Jednym z elementów badania diagramu fazowego silnie oddziałującej materii jest wyznaczenie granicy energetycznej (minimalna energia zderzenia), przy której następuje przejście do QGP. Analizy takie były wykonywane przy użyciu zderzeń Pb+Pb oraz Au+Au w eksperymentach przy akceleratorze SPS oraz RHIC. Badano m.in. zależność od energii zderzenia produkcji cząstek dziwnych (zawierających kwark s) w stosunku do niedziwnych (zawierających jedynie kwarki u i d), tłumienie tzw. jetów hadronowych („spray” hadronów powstały w wyniku hadronizacji kwarka lub gluonu), przepływy anizotropowe. Wyniki SPS (eksperyment NA49) oraz RHIC (eksperyment STAR) pokazują, że taka granica energetyczna (*onset of deconfinement*) odpowiada pośrednim energiom dostępnym w SPS. W skali makroskopowej można to porównać do znalezienia temperatury wrzenia wody. Kolejnym etapem w badaniach (eksperyment NA61/SHINE) jest sprawdzanie, czy dla mniejszych systemów (Be+Be, Ar+Sc, Xe+La), przy podobnych energiach zderzenia, również istnieje możliwość przejścia do QGP.

Kolejnym, wspomnianym już wyżej, aspektem badania diagramu fazowego jest poszukiwanie punktu krytycznego. Przewidywania teoretyczne pokazują, że jeśli system wymraża w okolicy punktu krytycznego to możemy spodziewać się zwiększonych fluktuacji gęstości w systemie, które to fluktuacje będą przekładać się na fluktuacje różnych charakterystyk, produkowanych w zderzeniach cząstek np. średniego pędu poprzecznego (składowa pędu prostopadła do osi wiązki), energii czy krotności różnego

typu cząstek (liczba cząstek na oddziaływanie). Oddzielną, rozwijaną obecnie prężnie klasą analiz jest badanie efektów intermitencyjnych (lokalne „zgęstki”, miara fluktuacji gęstości, analog krytycznej opalescencji) w pędzie poprzecznym produkowanych w zderzeniach protonów. Zgodnie z niektórymi modelami po diagramie fazowym materii jądrowej można poruszać się zmieniając zarówno energię zderzenia (większa energia to mniejsze wartości μ_B), jak i rozmiar zderzanego systemu (większy rozmiar to niższa temperatura wymrożenia chemicznego). Badanie różnych systemów (Be+Be, Ar+Sc, Xe+La, Pb+Pb/Au+Au) może więc pozwolić na dużo dokładniejszy skan diagramu fazowego.

Wreszcie, analiza produkcji krótkożyciowych rezonansów przyczynia się do głębszego zrozumienia ewolucji wysokoenergetycznego zderzenia ciężkojonowego. W szczególności badanie mezonów K^* w zderzeniach jądrowych oraz elementarnych (np. p+p) pozwala na oszacowanie czasu pomiędzy dwoma wymrożeniami (chemicznym i termicznym) w zderzeniach jądrowych (są to wielkości na poziomie kilku fm/c, czyli rzędu 10^{-23} s).

W prezentacji pokazane będą wyniki z akceleratorów SPS oraz RHIC dotyczące wyznaczania energii uwolnienia, poszukiwania położenia punktu krytycznego oraz oszacowywania czasu pomiędzy wymrożeniami.

Orbital Selective Localization and Other Unusual Phenomena in Iron Chalcogenides

M. Z. Cieplak

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

The evolution of the electronic structure from localized to itinerant is a fundamental problem in condensed-matter physics and relevant to many interesting materials. Iron chalcogenides belong to the class of multi-orbital systems with important Hund's interaction, what results in an unusual effect of orbital selective localization, in which some orbitals become localized while others remain itinerant. This phenomenon, leading to so-called orbital selective Mott phase (OSMP), has been documented recently in iron chalcogenides by angular resolved photoemission (ARPES) [1]. It is accompanied by a wealth of other unusual phenomena, including unconventional superconductivity, magnetic fluctuations with or without long-range magnetic order, and nematicity.

In this talk, after introduction describing the most important features uncovered so far in iron chalcogenides, I will summarize several years of our studies of iron chalcogenide system, $\text{FeTe}_{1-x}\text{Se}_x$, with substitution of Ni into Fe sites [2-4]. The substitution modifies the electronic structure of this compound, as directly confirmed by ARPES [3], what facilitates observation of the transition to the OSMP with increasing temperature by magnetotransport experiments [2, 4]. Another interesting feature, observed by angular magnetoresistance [4], is the development of spin nematicity induced by Ni doping. This effect is strongly influenced by the microstructural disorder existing in the crystals, and likely contributes to the suppression of superconductivity in this system.

Acknowledgement

The work done in collaboration with I. Zajcewa, K. M. Kosyl, A. Lynnyk, and D. J. Gawryluk. Supported by Polish NSC grant 2014/15/B/ST3/03889. The research was partially performed in the laboratory co-financed by the ERDF Project NanoFun POIG.02.02.00-00-025/09.

References

- [1] Huang J., Yu R., Xu Z., Zhu J.-X., Seop Oh J., Jiang Q., Wang M., Wu H., Chen T., Denlinger J. D., Mo S.-K., Hashimoto M., Michiardi M., Pedersen T. M., Gorovikov S., Zhdanovich S., Damascelli A., Gu G., Dai P., Chu J.-H., Lu D., Si Q., Birgeneau R. J., and Yi M., *Commun. Phys.* 5, 29 (2022).
- [2] Bezusyy V. L., Gawryluk D. J., Malinowski A., and Cieplak M. Z., *Phys. Rev. B* 91, 100502(R) (2015).
- [3] Rosmus M., Kurlito R., Gawryluk D. J., Goraus J., Cieplak M. Z., and Starowicz P., *Supercond. Sci. Technol.* 32, 105009 (2019).
- [4] Cieplak M. Z. *et al.*, submitted to *Phys. Rev. B*.

Kwantowo-optyczne przetwarzanie i konwersja sygnałów przy pomocy atomów

M. Parniak

*Centrum Optycznych Technologii Kwantowych,
Centrum Nowych Technologii,
Uniwersytet Warszawski,
ul. S. Banacha 2c, 02-097 Warszawa*

Zliczanie pojedynczych fotonów jest techniką mniej popularną w inżynierii optycznej niż detekcja homodynowa. Na przykład dla odróżnienia spektralnie bliskich kanałów lub linii często używa się detektora homodynowego, aby następnie przetwarzać sygnał elektroniczny. Zliczanie fotonów pozwala jednak ominąć szum śrutowy, co jest istotne dla słabych sygnałów i daje szansę na zastosowanie osiągnięć optyki kwantowej w wielu praktycznych protokołach gdzie, przede wszystkim, mamy dostęp do małej ilości światła. W naszym eksperymencie [1] użyliśmy pamięci kwantowej, aby optymalnie zmierzyć dwie bliskie linie spektralne i w całości ominąć zarówno szum śrutowy jak i ograniczenia zadane przez klasyczny spektrometr siatkowy. Pamięć kwantowa oparta jest o chłodzone laserowo atomy rubidu, w których w procesie ramanowskim można zapisać, zmodyfikować, a następnie odczytać światło – a w szczególności też pojedyncze fotony. Pamięć działała tutaj jako procesor sygnału optycznego, pozwalając na koniec na wykonanie optymalnego pomiaru (w optymalnym modzie), w którym osiągnęliśmy 20-krotne zwiększenie informacji na każdy wykryty foton. Wynik ten jest przykładem nadrozdzielczej spektroskopii, która w tym przypadku może być szczególnie istotna jako metoda nadawania czy odbioru sygnałów w domenie częstości.

Kolejnym przykładem gdzie zliczanie pojedynczych fotonów może być przydatne, ale nie było do tej pory stosowane, jest domena mikrofal. Naturalnie, zliczanie pojedynczych fotonów mikrofalowych jest wyzwaniem ze względu na ich niską energię i pozostaje trudne nawet w warunkach kriogenicznych przy użyciu zaawansowanych układów nieliniowych, takich jak złącza Josephsona. W naszym laboratorium wykorzystujemy atomy rydbergowskie [2], aby konwertować fotony mikrofalowe na fotony optyczne w bliskiej podczerwieni. Proces mieszania fal, który to umożliwił zachodził w atomach w komórce próżniowej w temperaturze pokojowej, gdzie poszerzenia dopplerowskie udało się po części skompensować wyborem geometrii. Co najistotniejsze, fotony mikrofalowe mogą być wydajnie absorbowane dzięki dużemu momentowi dipolowemu pomiędzy rydbergowskimi stanami nD i nF ($n=55$). W eksperymencie osiągnęliśmy konwersję o wydajności fotonowej około 1%, która okazała się wystarczająca do obserwacji skonwertowanego promieniowania ciała doskonale czarnego przy pomocy nadprzewodnikowego licznika fotonów optycznych. Tym samym nasz układ pozwolił wykrywać mikrofały z temperaturą szumu poniżej 30 K, mimo konwersji w temperaturze pokojowej. Taki w pełni optyczny konwerter pozwala na rekordową

czułość w wykrywaniu mikrofal, która może znaleźć zastosowanie w systemach radarowych czy radioastronomii. Ponadto, tego typu interfejs będzie istotny dla stworzenia optycznych połączeń między komputerami kwantowymi, pracującymi w dziedzinie mikrofalowej.

Bibliografia

- [1] Mazelanik M., Leszczyński A., Parniak M., Nat. Commun. 13, 691 (2022).
- [2] Borówka S., Pylypenko U., Mazelanik M., Parniak M., Appl. Opt. 61, 8806-8812 (2022).

Problemy Modelu Standardowego oddziaływań fundamentalnych oraz ich możliwe rozwiązania

B. Grządkowski

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

Pomimo, że Model Standardowy oddziaływań silnych i elektroślabych jest testowany z rosnącą precyzją, istnieją powody aby sądzić, że nie jest on ostateczną teorią mikroświata. Model ten ma pewne estetyczne braki, np. oryginalna jego wersja zawiera 21 niezależnych parametrów, a niektóre z nich różnią się o wiele rzędów wielkości. Wiele niezależnych pomiarów potwierdza istnienie ciemnej materii, podczas gdy Model Standardowy nie zawiera cząstki, która mogłaby być kandydatem na ciemną materię. Jest to najpoważniejszy brak modelu. Podobnej wagi problemem jest niewyjaśniona, a obserwowana asymetria barionowa (obserwujemy jedynie znikomą ilość antymaterii we wszechświecie). W rezultacie większość badaczy wierzy w istnienie bardziej podstawowej teorii o znacznie wyższej skali energii. W takim scenariuszu Model Standardowy byłby jedynie nisko-energetycznym przybliżeniem teorii bardziej fundamentalnej, która rozwiązuje jego problemy. W moim wykładzie przedyskutuję możliwość usunięcia powyższych trudności rozbudowując sektor pól Higgsa teorii elektroślabej.

Przodkowie i najbliżsi Mikołaja Kopernika

K. Mikulski

*Wydział Historyczny,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika,
ul. Bojarskiego 1, 87-100 Toruń*

O toruńskich przodkach Mikołaja Kopernika pisano często, ale badania nad ich genealogiami kryły wiele tajemnic i niedopowiedzeń. Jeszcze słabiej rozpoznane i jak wynika z moich ustaleń – zupełnie błędne – były lansowane dotąd w literaturze losy rodziny Koperników. A przecież to na pochodzeniu przodków astronoma biografowie polscy i niemieccy budowali wnioski o jego narodowości. Dziś można już cofnąć wywód toruńskich przodków Mikołaja Kopernika o kolejne pokolenia wstecz, wskazać pochodzenie spokrewnionych z nim rodzin. Czy wiedza ta pomaga odpowiedzieć na pytanie kim był Kopernik – Polakiem czy Niemcem?

Spór ten pozostał jałowy, gdyż próbowano oceniać „narodowość” Kopernika według norm obowiązujących w XIX i XX w. Tymczasem sam astronom był przez całe życie wiernym poddanym kolejnych królów polskich z dynastii Jagiellonów, co zgodnie z wówczas panującymi normami prawnymi i obyczajowymi czyniło go Polakiem. Co więcej – dał dowód swojego patriotyzmu i przywiązania do „Ojczyzny” w Olsztynie, pisząc list do króla Zygmunta I Starego i zapewniając o swojej wierności. Powtórzmy tylko za Kopernikiem: „Pragniemy bowiem czynić to, co przystoi ludziom szlachetnym i uczciwym oraz bez reszty oddanym Waszemu Majestatowi, nawet jeśliby przyszło nam zginąć. Pod tegoż Majestatu opiekę się uciekając całość naszego mienia i nas samych polecamy i powierzamy”.

Na tym tle warto przyrzeć się przodkom naszego astronoma. W świetle badań nad genealogiami rodzin patrycjatu toruńskiego w średniowieczu uznać trzeba, że rodzina matki astronoma, Watzenrodowie, przybyła do Torunia bezpośrednio z Westfalii w I poł. XIV w., wraz z największą falą migracji z tego kierunku. Nie ma żadnego pokrycia w źródłach sugerowane wcześniej śląskie pochodzenie rodziny, a przynajmniej śląski epizod w tych dziejach przed przenosinami do Torunia. Ziębicko-wrocławscy i toruńscy Watzenrodowie to dwie odrębne rodziny, być może o wspólnych, ale wcześniejszych korzeniach. To westfalskie pochodzenie Watzenrodów potwierdzają ich koligacje w Toruniu. Spośród 8 praprababek Mikołaja Kopernika – 6 pochodziło z rodzin, które wywodziły się z Westfalii, jedna przybyła może z ziem ruskich, jedna bezpośrednio z Inflant, ale wcześniej mogła też mieszkać w Westfalii.

Nazwisko astronoma „Kopernik” miało najpewniej charakter odzawodowy, było hybrydą językową i składało się z zapożyczonego z jęz. niemieckiego członu „koper” (niem. Kupfer – miedź) i słowiańskiej końcówki „nik” na określenie osoby zajmującej się wyrobem lub przetwórstwem, w tym przypadkiem miedzi. Nazwisko to mogło ukształtować się na pograniczu etnicznym polsko-niemieckim na Śląsku, w rejonie między Górami Sowimi a Jesenikami, gdzie wydobywano zapewne już w średniowieczu rudę miedzi, towarzyszącą występującym tam złożom złota i srebra.

Nie ma żadnych przesłanek, które pozwoliłyby łączyć rodzinę Koperników, przodków astronoma, z sołtysami wsi Koperniki i ławy koło Nysy. Nie ma też dowodów ani nawet poszlak, które pozwalają dopatrywać się w Mikołaju, kamieniarzu z Krakowa, przyjętym tam do prawa miejskiego w 1396 r., prapradziada astronoma. Jan Kopernik, znany ze źródeł krakowskich z lat 1429-1442, nie mógł być dziadem astronoma. Przeczy temu niski status społeczny i młody wiek tego człowieka w latach 1429-1433 (był sługą, potem domownikiem Jana Banke, potem młodszym wspólnikiem Jana Sweidniczera) i przyjęcie obywatelstwa krakowskiego dopiero w 1437 r. Z momentem przyjęcia obywatelstwa trzeba łączyć też czas zawarcia przez niego małżeństwa. Z takiego zestawienia dat wynika, że Jan nie mógł być ojcem wymienianego w źródłach od 1447 r. i już wówczas pełnoletniego, ale jeszcze bez praw obywatelskich, kupca krakowskiego Mikołaja (ojca astronoma).

Jan Kopernik mógł być tożsamy z Janem Kopersmedem z Nysy, synem Jerzego, który pojawił się jako spadkobierca ojca w mieście rodzinnym w 1442 r. Określanie go, jego przodków i potomków nazwiskiem „Kopersmed” w nyskiej księdze ławniczej jest jak najbardziej typowe. Była ona prowadzona w języku niemieckim, a nazwiska słowiańskie wpisywanych do niej osób, szczególnie gdy było zrozumiałe ich znaczenie po niemiecku, tłumaczono na język urzędowy księgi.

Kolejną przesłanką wskazującą na tożsamość Koperników i Kopersmedów z Nysy jest kryterium imionowe. Bratem Jerzego Kopersmeda z Nysy był Andrzej, zmarły przed 1436 r., który pozostawił po sobie nieletnie dzieci. Jednym z nich mógł być ojciec astronoma Mikołaj. Taką hipotezę wzmacnia fakt nadania młodszemu z synów imienia Andrzej – po dziadzie ojczystym. Jan Kopernik alias Kopersmed mógł więc być bratem stryjecznym, a nie ojcem Mikołaja Kopernika, ojca astronoma. Na bliskie ich pokrewieństwo wskazuje związek obu z kupcem krakowskim Janem Sweidniczerem.

Ojciec astronoma pojawił się w Toruniu już w 1455 r. i ożenił się z Barbarą Watzenrode najpewniej w 1458 r. Mikołaj Kopernik nie był – jak twierdzono w dotychczasowych opracowaniach – najmłodszym dzieckiem urodzonym w tym małżeństwie. Najstarszą córką Mikołaja i Barbary była Barbara (ok. 1460 – po 1525), potem Katarzyna (ok. 1471 – po 1509), Mikołaj (1473-1543) i Andrzej (ok. 1475 – 1516/8). We wszystkich źródłach, w których bracia występowali razem, Mikołaj był wymieniany przed bratem. Za błędne ustalenie starszeństwa dzieci w rodzinie Koperników odpowiedzialny jest pisarz gdański z początku XVII w. Stanisław Bornbach, który tworząc genealogie rodzin spokrewnionych z jego gdańskimi pryncypałami, uwzględnił też Koperników. Tyle tylko, że nie znając kolejności rodzenia się w niej dzieci, wymienił je w kolejności alfabetycznej (Andreas, Barbara, Catharina, Nicolaus).

Mikołaj Kopernik urodził się najpewniej nie w domu przy ul. Świętej Anny (dziś Kopernika 15 – dzisiejszy „Dom Mikołaja Kopernika” – oddział muzeum, gromadzący pamiątki po astronomie), tylko w kamienicy przy Rynku Staromiejskim (nr 36). Połowa tej kamienicy należała do rodziny Watzenrode już w końcu XIV w. W 1468 r. Mikołaj Kopernik (ojciec) dokupił drugą połowę kamienicy i mógł natychmiast się do niej przenieść wraz z rodziną. Wcześniej zakładano, że Kopernik musiał dokupić drugą połowę kamienicy po 1468 r. i przenieść się do domu przy Rynku dopiero ok. 1480 r., kiedy sprzedał kamienicę przy ul. Św. Anny (dziś Kopernika). Problem z określeniem domu, w którym urodził się Kopernik, pojawił się już w XVIII w. i nie był rozwiązany do 2015 r.

Na koniec warto też poświęcić kilka zdań Annie Schilling – uznanej w literaturze za kochankę astronoma. Zdecydowanie pewniejsze jest przyjęcie, że była ona daleka kuzynka Kopernika, z którą astronom miał wspólnego dziadka Łukasza Watznerode starszego, a jej matką była siostra cioteczna astronoma Krystyna, z domu von Allen, żona Henryka Krügera.

Konkluzja: Można w świetle tych ustaleń stwierdzić, że o pochodzeniu, młodości i stosunkach rodzinnych Mikołaja Kopernika wiemy dzisiaj znacznie więcej, niż 50 lat po jego śmierci i jeszcze kilka lat temu.

SESJE RÓWNOLEGŁE

Strategia pracy z projektami

E. Szewc

*Profi Competence Europe,
ul. Średnia 22, 71-812 Szczecin
e-mail: elmalight@elmalight.pl*

Wystąpienie dotyczyć będzie przedstawiania jednej ze strategii podejścia do projektów – strategii Walta Disneya. Strategia została opracowana przez Roberta Diltsa zajmującego się modelowaniem zachowań i strategii działania. Strategia Disneya dzięki swojej użyteczności wprowadzona została szeroko do świata biznesu i jest aktualnie wprowadzana do przestrzeni edukacji. Strategia daje przestrzeń do tworzenia wizji, planowania poszczególnych kroków działania, jak również przyjrzenia się słabym punktom planu, aby go udoskonalić. Strategia pomaga rozszerzyć punkt widzenia i uczy systemowego podejścia do projektów osobistych, edukacyjnych czy zawodowych. Znajomość i stosowanie Strategii Disneya przy realizacji projektów zwiększa prawdopodobieństwo odniesienia sukcesu poprzez osiągnięcie wyznaczonego celu zarówno jednostkowego, zespołowego czy organizacyjnego. Strategia nadaje się do wdrażania projektów średnio i długookresowych, które wymagają zaangażowania różnego rodzaju zasobów.

Zapytaj fizyka

P. Sułkowski

*Wydział Fizyki,
Uniwersytet Warszawski,
ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa
e-mail: psulkows@fuw.edu.pl*

„Zapytaj fizyka” to popularnonaukowa inicjatywa prowadzona przy Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. W ramach naszej działalności odpowiadamy na przeróżne pytania dotyczące fizyki, nadsyłane przez internautów oraz organizujemy wykłady, wygłaszane przez znamienitych naukowców i popularyzatorów nauki; wśród naszych wykładowców byli m.in. nobliści Roger Penrose i Shuji Nakamura, jak też laureatka medalu Fieldsa Maryna Viazovska.

Organizacja tej inicjatywy została doceniona m.in. przyznaniem nagrody popularnonaukowej PAP i MNiSW oraz medalu Ernsta i nagrody popularnonaukowej Polskiego Towarzystwa Fizycznego.

Podczas wystąpienia przedstawię najciekawsze naukowe oraz społeczne aspekty naszej działalności, jak też wynikające z niej bardziej ogólne refleksje na temat popularyzacji nauki.

Ogólnopolski Klub Demonstratorów Fizyki – narzędzia popularyzacji nauk przyrodniczych

J. Jarosz

*Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych,
Uniwersytet Śląski w Katowicach,
ul. Bankowa 12, 40-007 Katowice
e-mail: jerzy.jarosz@us.edu.pl*

Obserwacja rzeczywistości i rozpoznawanie związków przyczynowo-skutkowych były bez wątpienia pierwszymi krokami, prowadzącymi do rozumienia złożonych mechanizmów funkcjonowania świata. Ciekawość zakodowana w naszych genach pozwoliła na poznanie wielu praw przyrody i sformułowanie wielu sprawnych, dobrze funkcjonujących teorii.

Obecnie coraz częściej i coraz wnikliwiej oglądamy świat przez precyzyjne narzędzia formalizmów matematycznych, ale bezpośredni ogląd zmysłowy nadal pozostaje ważnym narzędziem badawczym. Jest też jednym z najważniejszych narzędzi dydaktycznych, zwłaszcza w początkowych etapach budowania ciekawości i rozumienia zjawisk fizycznych przez naszych uczniów i studentów.

Eksperyment wykorzystywany w dydaktyce akademickiej i szkolnej jest sztuką wymagającą nie tylko specjalnie zaprojektowanego sprzętu, ale także stosowania pewnych zasad, różniących go od poznawczego eksperymentu naukowego.

Potrzeba doskonalenia tej sztuki, dzielenia się wiedzą, projektami eksperymentów i dobrymi praktykami dydaktycznymi została dostrzeżona przez prof. Wojciecha Nawrocika z Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu i zaowocowała powstaniem Ogólnopolskiego Klubu Demonstratorów Fizyki. Była to jeszcze epoka, w której Internet nie był powszechnie dostępny, a pojawiająca się dopiero usługa Neostrada po raz pierwszy w Polsce umożliwiała stałe połączenie z siecią przez analogowe linie telefoniczne.

Klub spełniał rolę forum, na którym, poczynawszy od 2001 roku spotykały się grupy dydaktyków i pracowników wydziałów fizyki różnych uczelni, działające wcześniej w odosobnieniu. Coroczne spotkania, organizowane w kolejnych ośrodkach akademickich, pozwoliły na wzajemne poznanie różniących się warsztatów, unikatowych sprzętów i narzędzi pracy.

Forum to pozostało aktywne również wówczas gdy Internet doskonale wypełniał już zadanie błyskawicznego dostępu do bieżących, potrzebnych informacji i baz danych. Zdecydowała o tym wartość dodana, jaką bez wątpienia pozostają bezcenne bezpośrednie kontakty, dyskusje, a przede wszystkim eksperyment prowadzony i obserwowany na żywo, który można dowolnie modyfikować, komentować i dyskutować o jego zaletach, wadach i możliwych zastosowaniach.

Klub Demonstratorów Fizyki tworzą osoby o różnym doświadczeniu i różnych specjalnościach, reprezentujące środowiska głównie akademickie, ale też szkolne i nauczycielskie. Członków Klubu łączy wspólny mianownik – autentyczne zaangażowanie w dydaktykę i umiłowanie eksperymentu, jako bezcennego narzędzia nie tylko edukacji, ale też, równie ważnej, popularyzacji nauki we wszystkich warstwach społeczeństwa.

Jak przygotować popularyzatorski pokaz fizyczny?

A. Buczek

*Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej,
Politechnika Poznańska,
ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań
e-mail: adam.buczek@put.poznan.pl*

Pokaz fizyczny jest jedną z istotnych form popularyzacji nauk ścisłych. Powinien przekonać odbiorców, że fizyka jest ciekawa, że jej prawa stosujemy codziennie i warto wgłębić się w jej treść. Jednocześnie prezentacja doświadczeń jest dość wymagającą formą dla pedagogów, która stawia przed nimi wiele wyzwań. Dlatego każde takie wystąpienie powinno być dokładnie przemyślane i zaprojektowane. Składa się na to wiele czynników.

Podstawowym jest kwestia odbiorców. Odmienne oczekiwania będą miały „ciekawskie” pięciolatki, a inne młodzież i osoby dorosłe [1]. Również sposoby podtrzymania zainteresowania obu grup są różne. Dla pierwszej należy przewidzieć więcej prostych doświadczeń. W drugiej mogą być one bardziej skomplikowane i z pogłębionym komentarzem naukowym. Uwagę młodszych odbiorców przykują eksperymenty silniej oddziałujące na zmysły: ruchem, zjawiskami akustycznymi oraz atrakcyjne wizualnie. Z reguły tacy uczestnicy chętniej zbliżą się do układów doświadczalnych, dotkną ich czy „pobawią się” nimi. Oczywiście nie należy tutaj pomylić pokazów z warsztatami. Natomiast starsza widownia może przejawiać większy dystans. W każdej z sytuacji warto zadbać o odpowiednią interakcję odbiorców z prowadzącym i – jeśli to możliwe – zaprosić chętnych słuchaczy do asysty w eksperymentach.

Kolejnym wyzwaniem są uwarunkowania techniczne sali. Koniecznie należy wziąć pod uwagę, że nie wszystkie eksperymenty wcześniej przećwiczone w mniejszej pracowni, będą „działały” w większym pomieszczeniu w obecności widowni. Wilgotność, ruch powietrza, warunki oświetlenia, jakość obrazu z kamery i inne czynniki mogą wyeliminować część doświadczeń. W tym kontekście istotna jest znajomość sali, w której będą odbywać się pokazy i przygotowanie ich zgodnie z jej realiami. Oczywiście najbardziej komfortową sytuacją jest występ w znanych warunkach z doświadczeniami wielokrotnie w nich przećwiczonymi. Ale bywa, że pokaz odbywa się gościnnie w odległej szkole lub domu kultury. Z tym wiąże się kolejne zagadnienie – transportu układów eksperymentalnych. Może się to wydawać banałem, ale należy dobrze przemyśleć kwestie związane z odpowiednim zabezpieczeniem sprzętu, jego zapakowaniem, odpakowaniem i przygotowaniem do pokazów oraz ponownym przysposobieniem do powrotu. Koniecznie trzeba brać pod uwagę czas, jaki zajmują czynności rozpakowania i ustawienia sprzętu w gotowości do pokazów. Istotne jest również uporządkowanie sali przed i po pokazach. O ile to drugie wydaje się oczywiste, to często zapomina się o tym pierwszym. Nie powinno się prowadzić wystąpienia w otoczeniu chaotycznie rozłożonych kartonów lub skrzyń transportowych. Może to rozpraszać odbiorców, a na pewno traci na tym estetyka wystąpienia.

Nieco odmienną sytuacją jest zaproszenie uczestników do pokazu nie na sali, ale we własnym laboratorium badawczym. Prezentacja współczesnego warsztatu naukowca może być niezwykle ciekawa dla odbiorców. Jej realizacja również zależy od uwarunkowań technicznych pomieszczenia, takich jak jego wielkość, potrzeba zachowania czystości, odporności układów doświadczalnych na zmiany temperatury czy drgania oraz kwestii bezpieczeństwa.

Wcześniej wymienione czynniki bezpośrednio lub pośrednio wpływają na merytoryczny aspekt wystąpień. Czasami mają one formę prezentacji najbardziej efektywnych eksperymentów z różnych działów fizyki. Oczywiście każdy udany i trafiający do odbiorców pokaz doświadczeń jest cenny. Niemniej, o ile jest to możliwe, warto podążać pewną ścieżką tematyczną. Wielość doświadczeń fizycznych jest tak ogromna, że zawsze można z nich wybrać pewien zbiór pozwalający na stworzenie spójnej „opowieści” prowadzącej odbiorców od jednego eksperymentu do drugiego. Wówczas wychodzą z pokazów przekonani, że fizyka jest nauką ścisłą, logiczną, a nie tylko zbiorem ciekawych efektów.

Jak widać przygotowanie popularyzatorskiego pokazu fizycznego musi uwzględniać szereg aspektów technicznych i merytorycznych [2]. Wszystkie one zostaną omówione podczas wystąpienia.

Bibliografia

- [1] Beadle P., Jak uczyć?, Publicat, Poznań 2012.
- [2] Dryński T., Doświadczenia pokazowe z fizyki, PWN, Warszawa 1964.

Festiwale, konkursy naukowe, webinaria i ich znaczenie dla popularyzacji fizyki w Polsce

G. Musiał

*Wydział Fizyki,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61-614 Poznań
e-mail: gmusial@amu.edu.pl*

W dzisiejszym świecie solidna wiedza z zakresu nauk ścisłych – przede wszystkim fizyki, ale także chemii, matematyki i informatyki – jest niezbędna dla rozumienia otaczającego świata i – w przypadku uczniów – wyboru przyszłego zawodu, który jest interesujący i poszukiwany na rynku pracy. Wiedza fizyczna ukazana kontekstowo, modelowe myślenie i potrzeba uczenia się przez całe życie o ogromnym potencjale aplikacyjnym, kształtowane przez nauki ścisłe, są niezbędne do odpowiedzialnego wykonywania pracy, działalności społecznej czy politycznej. Wobec intensywnego rozwoju nauki, techniki, a przede wszystkim dostępności informacji, wymaga to nowych sposobów zainteresowania młodzieży przedmiotami ścisłymi, doskonalenia wiedzy i umiejętności dydaktycznych nauczycieli tych przedmiotów oraz zapoznawania uczniów, nauczycieli i społeczeństwa z osiągnięciami współczesnej nauki. Niestety, nie tylko w Polsce, ale prawie w całej Europie, obserwuje się systematyczne obniżanie zainteresowania tymi przedmiotami wśród uczniów. Wciąż rozrasta się luka pokoleniowa. Ministerstwo Edukacji i Nauki jako priorytetowe wskazuje podniesienie jakości edukacji matematycznej, przyrodniczej i informatycznej. Za jakość tego kształcenia jesteśmy odpowiedzialni my, nauczyciele wszystkich poziomów edukacji.

Celom tym służą rozliczne projekty popularyzujące, upowszechniające naukę, jak Centrum Nauki Kopernik, lokalne festiwale nauki, Noc Naukowców, wykłady otwarte i prezentacje, klasy akademickie, ..., które ukazują atrakcyjność fizyki, a szerzej przedmiotów/nauk ścisłych, inspirując młodzież do eksperymentowania i zgłębiania ciekawych zjawisk i problemów.

Jednak aby te wysiłki i duże nakłady optymalnie wykorzystać, trzeba pobudzać własną aktywność młodzieży i wymianę doświadczeń pomiędzy nauczycielami i organizować współzawodnictwo projektów uczniowskich, jak w ramach Ogólnopolskiego Festiwalu „Nauki Przyrodnicze na Scenie” (<http://sons.amu.edu.pl/>), który od początku, tj. od 2000 roku, organizowany jest na Wydziale Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu przez Krajowy Komitet Organizacyjny, działający pod patronatem Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Warto dodać, że pierwsze trzy edycje Festiwalu były zorganizowane w formule „Fizyka na Scenie”. Dzięki temu współzawodnictwu Krajowy Komitet Organizacyjny wyłania polską delegację na europejską edycję Festiwalu „Science on Stage” (<https://www.science-on-stage.eu/>) obejmującego obecnie 36 krajów. Celom tym na poziomie krajowym dobrze służy również konkurs Explory (<https://www.explory.pl/>).

Nauczyciele jako architekci wiedzy swoich uczniów mobilizują ich do podejmowania autorskich projektów, głównie w ramach aktywności pozalekcyjnej. Uczniowie tworzą zespół, który rozdziela między siebie poszczególne zadania do realizacji swojego projektu. W ten sposób uczniowie sami rozwijają swoją wiedzę i uczą się efektywnego poszukiwania źródeł. Nad poprawnym przebiegiem tego procesu czuwa nauczyciel, architekt wiedzy uczniów. Uczniowie udowadniają sobie i przekonują swoich rówieśników, że nauki przyrodnicze nie tylko ukazują ciekawe zjawiska, ale je objaśniają i pozwalają na prognozowanie ich dalszego przebiegu. Ponadto starannie przygotowując swój projekt, by zakwalifikować się na festiwal, a następnie prezentując go, uczniowie także uczą się promocji efektów swojej pracy. Są to uniwersalne kompetencje, które pozwolą im z sukcesem wejść na rynek pracy czy skutecznie rozwijać działalność gospodarczą, społeczną, czy polityczną.

Festiwalowe struktury organizacyjne prowadzą kluczową dla podniesienia jakości edukacji wymianę doświadczeń i wzajemną inspirację nauczycieli przy wsparciu akademickim, znalezienie nowych, atrakcyjnych dla dzisiejszej młodzieży sposobów zainteresowania przedmiotami przyrodniczymi, doskonalenia wiedzy i umiejętności dydaktycznych nauczycieli tych przedmiotów, ale także efektywnie zapoznavanie uczniów, nauczycieli i społeczeństwa z osiągnięciami współczesnej fizyki, a szerzej nauk ścisłych, które stanowią fundament innowacyjności i nowych technologii.

Fizyka kwantowego spinowego zjawiska Halla

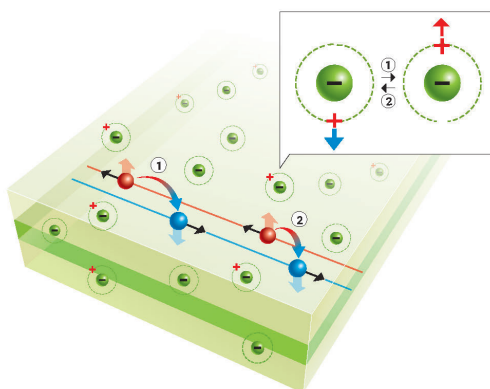
T. Dietl

*Międzynarodowe Centrum Badawcze MagTop,
Instytutu Fizyki Polskiej Akademii Nauk,
al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa*

Wykorzystując wyniki doświadczalne, zgromadzone przez naukowców z Uniwersytetu w Würzburgu i w dwóch warszawskich Międzynarodowych Agendach Badawczych: MagTop/IPAN i CENTERA/Unipress, przedstawię zjawiska fizyczne odpowiedzialne za niską dokładność kwantyzacji w przypadku kwantowego spinowego zjawiska Halla (QSHE) [1, 2]. Omówię także metodę zwiększenia dokładności kwantyzacji.

Odkrycie, że wartość oporu Halla zależy wyłącznie od stałej Plancka h i ładunku elektronu e w układach dwuwymiarowych w silnych polach magnetycznych ujawniło rolę topologii w fizyce materii skondensowanej. Odegrało też kluczową rolę w zdefiniowaniu w 2019 r. jednostek SI wykorzystując stałe fizyczne, rezygnując przy tym z tradycyjnych wzorców typu kilograma i metra. Ostatnio także w przypadku kwantowego anomального zjawiska Halla (QAHE) osiągnięto dokładność o znaczeniu metrologicznym, co pozwala na wytwarzanie wzorców oporu działających bez zewnętrznego pola magnetycznego.

W obrazie mikroskopowym kwantowych zjawisk Halla prąd elektryczny płynie przez jednowymiarowe stany na krawędziach dwuwymiarowej próbki. Wartość oporu elektrycznego jest skwantowana w jednostkach h/e^2 , gdy nie ma rozpraszania do tyłu, tj. przewodnictwo prądu jest chronione topologicznie. W przypadku kwantowego spinowego zjawiska Halla symetria odwrócenia czasu wymaga, aby stany krawędziowe tworzyły parę Kramersa (stany helikalne), jak pokazano na rysunku.



W omawianych pracach [1, 2] rozważono rolę domieszek, które istnieją w każdej próbce, a ich stężenie jest znane z szerokości napięcia bramki, odpowiadającej obszarowi przerwy energetycznej. Określając energie jonizacji domieszek oraz siłę zależnego od spinu oddziaływania między elektronami krawędziowymi a dziurami w stanach akceptorowych w sposób nieperturbacyjny, opisano wielkość średniej drogi elektronu bez rozpraszania między parą stanów krawędziowych. Wykazano także, że domieszki paramagnetyczne, takie jak Mn, mogą przywrócić precyzję kwantyzacji. Wydaje się to dziwne, ale oszacowania ilościowe pokazują, że wokół akceptorów obsadzonych przez dziury tworzą się obszary ferromagnetycznie spolaryzowanych spinów Mn (tzw. związane polarony magnetyczne), które osłabiają sprzężenie między elektronami i dziurami, a tym samym zmniejszają efektywność rozpraszania do tyłu w niskich temperaturach.

Bibliografia

- [1] Dietl T., Effects of charge dopants in quantum spin Hall materials, *Phys. Rev. Lett.* 130, 086202 (2023).
- [2] Dietl T., Quantitative theory of backscattering in topological HgTe and (Hg,Mn)Te quantum wells: Acceptor states, Kondo effect, precessional dephasing, and bound magnetic polaron, *Phys. Rev. B* 107, 085421 (2023).

Rozdzielona w czasie spektroskopia atomowo cienkich warstw półprzewodnikowych

P. Kossacki

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

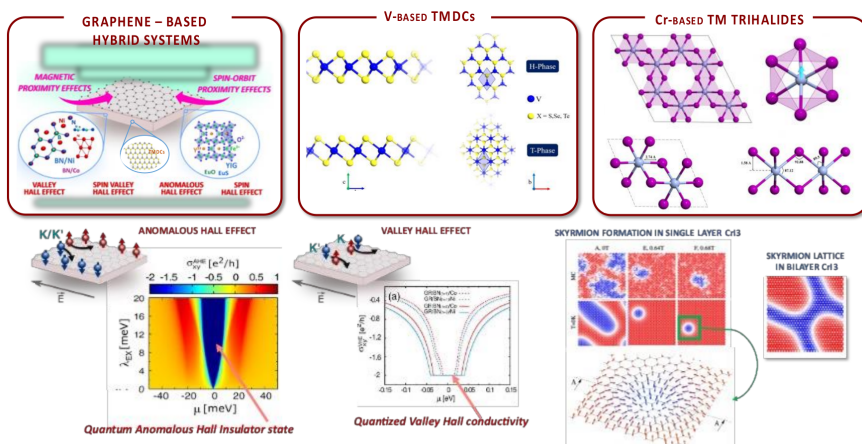
Atomowo-cienkie warstwy półprzewodników z grupy dichalkogenków metali przejściowych reprezentują niezwykle interesującą klasę systemów dwuwymiarowych. Ich intensywne badania zainicjowane zostały opracowaniem prostych technik eksfoliacji. Lata intensywnych badań zaowocowały dobrą znajomością podstawowych właściwości fizycznych wielu materiałów, poczynając od zaprezentowanych jako pierwsze MoS₂ i WSe₂. Ogromny postęp technologii umożliwił wytwarzanie nawet bardzo skomplikowanych struktur, zawierających kilka różnych precyzyjnie dopasowanych i wzajemnie zorientowanych warstw. Jednak nawet najprostsze struktury wciąż kryją pewne tajemnice, których badania są źródłem ciekawych odkryć. W swoim referacie skoncentruję się na wynikach badań stanów ekscytonowych, których bogactwo znacznie przekracza obfitość zjawisk, które można zaobserwować w zwykłych studniach kwantowych. W oparciu o pomiary rozdzielone w czasie, prowadzone dla monowarstw umieszczonych w heterostrukturach umożliwiającym sterowanie koncentracją nośników omówię charakterystyki kinetyczne i podstawowe mechanizmy, rządzące relaksacją i dekoherencją stanów ekscytonowych.

Magnetyczne, transportowe i topologiczne własności struktur van-der-Waalsa

A. Dyrdał

*Zakład Fizyki Mezoskopowej,
Instytut Spintroniki i Informacji Kwantowej,
Wydział Fizyki, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61-614 Poznań*

W 2004 Konstantin Novoselov i Andre Geim eksperymentalnie potwierdzili istnienie dwuwymiarowego kryształu węgla – grafenu, za co otrzymali nagrodę Nobla w 2010 roku. Grafen – materiał niezwykle lekki i wytrzymały, którego własności elektronowe mogą być opisane przy pomocy równania Diraca stał się natychmiast obiektem zainteresowań fizyków oraz zapoczątkował intensywne badania nad poszukiwaniem innych dwuwymiarowych kryształów. I tak, w ciągu ostatnich dwóch dekad otrzymano setki kryształów dwuwymiarowych o grubości od jednego do kilku atomów, w tym m.in. silicen, fosforen, dichalkogenki i trihalogenki metali przejściowych, oraz izolatory topologiczne (w tym chalkogenki bizmutu). Każdy z tych kryształów ma swoje interesujące własności fizyczne. Bardzo szybko zrodziła się również idea tworzenia van-der-Waals'owskich materiałów hybrydowych – materiałów warstwowych, gdzie każda warstwa to inny dwuwymiarowy kryształ. Właściwości fizyczne takich materiałów mogą być projektowane na życzenie, a więc na potrzeby konkretnych zastosowań w elektronice czy optoelektronice.



Rysunek 1: (Panel górny, od lewej do prawej) Struktury hybrydowe oparte na grafenie, dichalkogenki i trihalogenki. (Panel dolny, od lewej do prawej) Kwantowy anomalny efekt Halla, kwantowy dolinowy efekt Halla, skyrmiony w monowarstwie trihalogenków

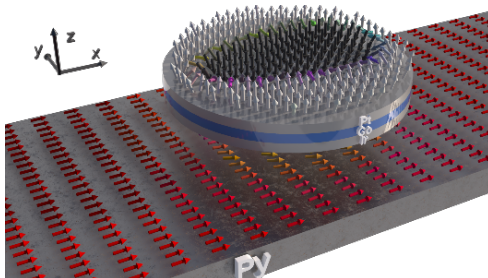
Podczas wykładu omówię wybrane właściwości transportowe heterostruktur van-der-Waalsa opartych na grafenie, w szczególności skoncentruję się na zjawisku anomalnego, spinowego i dolinowego efektu Halla w takich strukturach. Pokażę w jaki sposób takie dwuwymiarowe układy hybrydowe otwierają dalsze kierunki rozwoju nanoelektroniki i spintroniki (valleytronika, twistronika). Omówione zostaną również właściwości magnetyczne innej grupy materiałów dwuwymiarowych, tzw. dichalkogenków wanadu oraz trihalogenków chromu, których własności magnetyczne mogą być kontrolowane napięciem bramkującym lub naprężeniami mechanicznymi. Materiały te są obiecujące z punktu widzenia dalszego rozwoju magnoniki, w tym magnoniki topologicznej. W tym kontekście szczególnie interesujące jest formowanie się skyrmionów w dwuwymiarowych kryształach van-der-Waalsa. Oddziaływaniem leżącym u podstaw generacji skyrmionów jest głównie asymetryczne oddziaływanie wymienne, znane jako oddziaływanie Dzialoshinskiego-Moriya.

Dynamika topologicznie i energetycznie stabilnych solitonów magnetycznych

M. Krawczyk

*Instytut Spintroniki i Informacji Kwantowej,
Wydział Fizyki,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61-614 Poznań
e-mail: krawczyk@amu.edu.pl*

Topologicznie chronione tekstury magnetyzacji są nowym typem kwazicząsteczek i interesującym obiektem badań pod względem właściwości fizycznych i potencjalnych zastosowań. Najbardziej znanym przykładem są **skyrmiony** – będące statycznym solitonem o rozmiarach schodzących nawet do kilku nanometrów, z symetrią kołową i określoną skrętnością magnetyzacji. Prowadzone badania naukowe pozwoliły na wytworzenie materiałów sprzyjających stabilizacji skyrmionów w temperaturze pokojowej, czyli z minimum energetycznym pokrywającym się z topologiczną ochroną, opracowaniu różnych metod ich generacji i kontroli ich dynamiki, z możliwością wykorzystania do przechowywania i przetwarzania informacji. Podstawowym reprezentantem są tutaj pamięci typu racetrack, czyli trójwymiarowe pamięci magnetyczne o dużej gęstości zapisu. Użycie skyrmionów pozwala na znaczne zmniejszenie gęstości prądów wykorzystywanych do przesuwania bitów informacji, niż odpowiadające im urządzenia wykorzystujące ściany domenowe, aczkolwiek są inne trudności, które jeszcze wymagają przezwyciężenia. Sieci neuromorficzne i obliczenia stochastyczne aktualnie skupiają uwagę w wielu ośrodkach badawczych. Również tutaj, skyrmiony i inne topologiczne kwazicząstki mogą odegrać istotną rolę, ze względu na ich małe rozmiary, stabilność, nieliniowość i dużą ruchliwość.



Rysunek 1: Hybrydowa struktura złożona z paski ferromagnetycznego i dysku wielowarstwowego sprzyjającego stabilizacji skyrmionu. W wyniku oddziaływania magnetostatycznego skyrmion ulega zwiększeniu i deformacji, generując jednocześnie deformację magnetyzacji w pasku

Odkrytych zostało wiele innych topologicznie chronionych magnetycznych kwazicząsteczek, by wymienić worteksy, anty-skyrmiony, merony, bi-merony stabilizowane w układach cienkowarstwowych czy dwuwymiarowych [1], jak i obiekty trójwymiarowe, np. hopfiony [2], których eksperymentalne poszukiwania wciąż trwają. W prezentacji skupię się na ważnym aspekcie wybranych dwu i trójwymiarowych kwazicząsteczek magnetycznych będących w równowadze (np. w układach hybrydowych, Rysunek 1), mianowicie na dynamice skyrmionów i hopfionów [2, 3]. Widmo ich drgań własnych można pogrupować zgodnie z symetrią układu, z dodatkowym wyróżnikiem powiązaniem z chiralnością. Okazuje się, że kwazicząsteczki topologiczne mają swoje charakterystyczne widma, które mogą posłużyć do ich identyfikacji [2], a ciągle przejścia z jednych stanów topologicznie chronionych do drugich, przy zmianie wybranego parametru i zachowaniu liczby topologicznej [4], pozwalają istotnie zmieniać charakter drgań własnych.

Podziękowania

Badania częściowo sfinansowane z projektu Narodowego Centrum Nauki, projekt SHENG nr 2018/30/Q/ST3/00416 i z Norweskiego Mechanizmu Finansowania na lata 2014-2021, projekt POLS nr 2020/37/K/ST3/02450.

Bibliografia

- [1] Li X., Shen L., Bai Y., Wang J., Zhang X., Xia J., Ezawa M., Tretiakov O. A., Xu X., Mruczkiewicz M., Krawczyk M., Xu Y., Evans R. F. L., Chantrell R. W., Zhou Y., NPJ Comput. Mater. 6, 169 (2020).
- [2] Sobucki K., Krawczyk M., Tartakovskaya E. V., Graczyk P., APL Mater. 10, 091103 (2022).
- [3] Kotus K., Moalic M., Zelent M., Krawczyk M., Gruszecki P., APL Mater. 10, 091101 (2022).
- [4] Mruczkiewicz M., Krawczyk M., Gusliencko K. Y., Phys. Rev. B 95, 094414 (2017).

Narodowe Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS: infrastruktura badawcza dla nauki i przemysłu

J. Szlachetko

*Narodowe Centrum Promieniowania
Synchrotronowego SOLARIS,
ul. Czerwone Maki 98, 30-392 Kraków*

Zlokalizowany w Krakowie synchrotron SOLARIS jest źródłem promieniowania synchrotronowego trzeciej generacji, pracującym w zakresie średniej energii elektronów. Pierwsze światło synchrotronowe w SOLARIS zaobserwowano w roku 2016, natomiast eksperymenty użytkowników są realizowane od roku 2018. Obecnie SOLARIS rozszerza swoją działalność, stale rozwijając linie badawcze oraz rozbudowując infrastrukturę o dodatkowe metody badawcze jak np. mikroskopia krio-elektronowa. Nowe możliwości badawcze oferowane przez SOLARIS, który jest jedynym synchrotronem w Europie Środkowo-Wschodniej, pozwalają na prowadzenie unikalnych na skalę światową projektów naukowych zarówno w obszarze badań podstawowych, jak i nauk stosowanych. Należy podkreślić, że dostęp do infrastruktury badawczej w Centrum SOLARIS jest bezpłatny, a wnioski o czas pomiarowy oceniane przez międzynarodowy zespół recenzentów. W prezentacji przedstawimy projekt synchrotronu SOLARIS, linie badawcze oraz praktyczne informacje w zakresie dostępu do infrastruktury, jak również wyniki przykładowych badań realizowanych w Centrum.

Extreme Light Infrastructure (ELI ERIC) – laserowa infrastruktura badawcza dla nauki i współczesnej technologii

N. Witzanyová¹, H. Fiedorowicz²

¹*The Extreme Light Infrastructure ERIC,
Za Radnicí 835, Dolní Břežany, 252 41 Czech Republic*

²*Instytut Optoelektroniki,
Wojskowa Akademia Techniczna,
ul. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: henryk.fiedorowicz@wat.edu.pl*

Europejska infrastruktura badawcza Extreme Light Infrastructure – ELI ERIC [1] oferuje użytkownikom unikalne na świecie systemy impulsowych laserów wielkiej mocy, przeznaczone do prowadzenia badań naukowych w różnych dziedzinach nauki i techniki. Infrastruktura ELI składa się z trzech ośrodków badawczych: ELI Attosecond Light Pulse Source (ELI ALPS), zlokalizowany w Szeged na Węgrzech [2], ELI Beamlines, znajdujący się w miejscowości Dolni Brežany w Czechach [3] oraz ELI Nuclear Physics (ELI NP), zbudowany w miejscowości Magurele w Rumunii [4].

Programy badań poszczególnych infrastruktur oraz ich przeznaczenie obejmują bardzo szeroki zakres dziedzin i dyscyplin naukowych. Program badań infrastruktury ELI-ALPS dotyczy wytwarzania laserami ultrakrótkich impulsów promieniowania o czasie trwania w zakresie attosekundowym i ich zastosowania w badaniach dynamiki ultraszybkich procesów, zachodzących w atomach, molekułach, plazmie i ciałach stałych. Planowane są także badania w zakresie biologii i medycyny, z zastosowaniem wiązek wysokoenergetycznych protonów wytwarzanych laserami. Program badawczy infrastruktury ELI-Beamlines dotyczy wytwarzania laserami impulsów promieniowania elektromagnetycznego w szerokim zakresie widmowym, od nadfioletu do twardego promieniowania rentgenowskiego oraz strumieni wysokoenergetycznych cząstek, nalaadowanych na potrzeby badań w obszarze fizyki ciała stałego, optyki atomowej i molekularnej, chemii, biologii i inżynierii biomedycznej i medycyny. Ponadto planowane są badania oddziaływania impulsów laserowych z materią, przy ultra wysokich intensywnościach promieniowania powyżej 10^{23} W cm⁻², umożliwiające badania w obszarze elektrodynamiki kwantowej. Program badań infrastruktury ELI-NP dotyczy zastosowania impulsowych laserów wielkiej mocy w fizyce jądrowej. Obecnie w tym ośrodku znajduje się laser, wytwarzający impulsy promieniowania o największej intensywności na świecie, a przyszłości najważniejszym urządzeniem badawczym będzie unikalne źródło impulsów promieniowania γ , oparte na rozpraszaniu Comptona wiązki laserowej na wysokoenergetycznych elektronach.

W referacie zaprezentowana będzie organizacja infrastruktury ELI ERIC oraz warunki z jej korzystania przez użytkowników zewnętrznych. Następnie podana zosta-

nie krótka charakterystyka systemów laserowych oraz aparatury badawczej, dostępnej w ośrodkach ELI. Przedstawiona będzie także działalność krajowego konsorcjum ELI – Polska, skupiającego uczelnie i instytuty naukowe zainteresowane infrastrukturą ELI, mająca na celu jej popularyzację w środowisku naukowym w Polsce oraz zwiększenie udziału polskich naukowców wśród użytkowników tej infrastruktury.

Bibliografia

- [1] <https://eli-laser.eu/>
- [2] <https://www.eli-alps.hu/>
- [3] <https://www.eli-beams.eu/>
- [4] <http://www.eli-np.ro/>

Rentgenowskie lasery na swobodnych elektronach (XFEL) – nowe światło dla nauk przyrodniczych

R. Sobierajski¹, W. Gawęłda², K. Jarzemska³, R. Kamiński³,
M. Kozak², J. Kubicki², D. Milewska⁴, A. Glinka²

¹*Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk,
al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa*

²*Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Wieniawskiego 1, 61-712 Poznań*

³*Uniwersytet Warszawski,
ul. Krakowskie Przedmieście 26/28, 00-325 Warszawa*

⁴*Narodowe Centrum Badań Jądrowych,
ul. Pasteura 7, 02-093 Warszawa*

Europejski Rentgenowski Laser na Swobodnych Elektronach (ang. EuXFEL) jest jednym z największych projektów naukowych realizowanych obecnie na świecie, a samo urządzenie jest zaliczane do kluczowej aparatury badawczej Europy. Unikatowe możliwości badawcze EuXFEL przyciągają najlepszych naukowców z całego świata i sprzyjają realizacji ambitnych wyzwań naukowych. Badania prowadzone w EuXFEL przyczyniają się do znaczącego poszerzenia naszej wiedzy w wielu dyscyplinach nauki (m.in. w medycynie, farmakologii, chemii, materiałoznawstwie, nanotechnologii, energetyce i elektronice) i powstania nowych technologii, wpływających na nasze codzienne życie. W trakcie prezentacji przedstawione zostaną przykłady wykorzystania promieniowania XFEL w zakresie m.in. biologii strukturalnej, chemii – tzw. „filmy molekularne”, badań materiałowych w wysokich ciśnieniach i temperaturze. Szczególny nacisk zostanie położony na badania z udziałem polskich naukowców. Zaprezentowany zostanie także, finansowany przez MEiN program wsparcia polskiej społeczności naukowej w wykorzystaniu nowych możliwości badawczych oferowanych przez EuXFEL. Program obejmuje następujące działania:

- szkolenia w zakresie podstawowej wiedzy o zastosowaniach XFEL i używanych technikach badawczych, w tym kilkumiesięczne staże dla młodych pracowników naukowych w instytucjach, biorących udział w badaniach z użyciem XFEL oraz wykład nt. XFEL dla studentów II stopnia i doktorantów;
- finansowanie udziału polskich naukowców w konferencjach i warsztatach o tematyce dot. badań z użyciem XFEL;
- pomoc w nawiązaniu lub poszerzeniu kontaktów naukowych z pracownikami EuXFEL i/lub grupami badawczymi, realizującymi podobne badania w Polsce i na świecie;

- pomoc w przygotowaniu projektów badawczych w konkursach o czas pomiarowy na źródłach XFEL, także poprzez wykonanie badań pilotażowych i komplementarnych.

Wykład zakończy prezentacja Sieci Centrów Doskonałości w zakresie badań z użyciem XFEL (CD XFEL), w której powyższy program jest realizowany.

Kto będzie uczył fizyki w szkole? – propozycje PTF przeciwdziałania zapaści kadrowej

A. Wysmolek

*Wydział Fizyki,
Uniwersytet Warszawski,
ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa
e-mail: andrzej.wysmolek@fuw.edu.pl*

Fizyka jest przedmiotem szkolnym, który pozwala człowiekowi racjonalnie patrzeć na świat, bez uciekania się do magii. Jednocześnie jest to podstawowy przedmiot dla kandydatów na studia techniczne oraz studia w zakresie nauk ścisłych. Jeszcze niedawno fizyka była jednym z przedmiotów uwzględnianych w rekrutacji na studia medyczne. Wynikało to zapewne z przekonania, że zdolność do rozwiązywania problemów z obszaru fizyki jest znakomitym punktem wyjścia do konfrontacji ze złożonymi zagadnieniami związanymi z funkcjonowaniem ludzkiego organizmu, krytycznego podejścia do informacji, łączenia faktów i wybieraniem najistotniejszych elementów rozpatrywanych zjawisk i procesów. To umiejętności uniwersalne, które należy kształtować na możliwie wczesnym etapie nauczania. Żeby robić to efektywnie potrzebni są dobrze przygotowani do pracy w szkole, zmotywowani nauczyciele. Niestety w ostatnich latach obserwujemy postępującą zapaść kadrową wśród nauczycieli fizyki. W ramach przeciwdziałania tej sytuacji, Zebranie Delegatów Polskiego Towarzystwa Fizycznego, na 47. Zjeździe Fizyków Polskich w Bydgoszczy, w październiku 2021, wystosowało list otwarty [1] do Ministra Edukacji i Nauki, którym, oprócz znaczącego wzrostu wynagrodzeń nauczycieli, zaproponowano cztery działania:

- uruchomienie finansowanych ze środków publicznych studiów podyplomowych dla nauczycieli, którzy chcieliby uczyć fizyki jako drugiego lub kolejnego przedmiotu;
- wdrożenie programu studiów zamawianych nauczania fizyki z odpowiednimi stypendiami (finansowanych ze środków publicznych);
- umożliwienie zdobycia uprawnień do wykonywania zawodu nauczyciela również dla absolwentów uczelni, na przykład w formie systemu mikrokwalifikacji;
- rozszerzenie standardów kształcenia na kierunkach ścisłych elementy kształtujące kompetencje w zakresie nauczania i popularyzacji nauki.

W ramach wystąpienia postaram się przybliżyć zasadność propozycji PTF w kontekście istniejących uwarunkowań prawnych i strukturalnych edukacji w Polsce.

Bibliografia

- [1] https://www.ptf.net.pl/media/cms_page_media/2621/List_otwarty_MEN.pdf

O maturze z fizyki słów kilka

A. Mika^{1,2}

¹*XIV Liceum Ogólnokształcące
z Oddziałami Dwujęzycznymi w Szczecinie,
ul. Kopernika 16a, 70-241 Szczecin*

²*Wyższa Szkoła Edukacji i Terapii,
Wydział Zamiejscowy w Szczecinie,
ul. Wawrzyniaka 8, 70-392 Szczecin*

Egzamin maturalny pełni obecnie trzy zasadnicze funkcje:

- Stanowi poświadczenie osiągnięcia przez absolwenta wymaganego prawem poziomu wiadomości i umiejętności w zakresie języka polskiego, matematyki i wybranego języka obcego nowożytnego oraz wybranego przedmiotu (w tym np. fizyki) w części pisemnej na poziomie rozszerzonym;
- Określa poziom wykształcenia ogólnego absolwentów w zakresie przedmiotów, z których przystępowali do egzaminów. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Edukacji i Nauki z dnia 1 sierpnia 2022 r. w sprawie egzaminu maturalnego (Dz. U. z 2021 r. poz. 1915 oraz z 2022 r. poz. 583 i 1116), egzamin z fizyki obejmuje określony w podstawie programowej kształcenia ogólnego zakres podstawowy i zakres rozszerzony dla przedmiotu fizyka;
- Zastępuje egzamin wstępny do szkół wyższych, które wykorzystują wyniki egzaminu maturalnego z danego przedmiotu lub przedmiotów – przede wszystkim na poziomie rozszerzonym – jako kryteria w procesie rekrutacji.

Warunkiem otrzymania przez abiturienta świadectwa dojrzałości jest uzyskanie lub przekroczenie progu punktowego 30% z przedmiotów zdawanych jako obowiązkowe (pisemnych i ustnych) oraz uzyskanie (od roku 2025) minimum 30% punktów z przedmiotu zdawanego na poziomie rozszerzonym.

Podczas mojego wystąpienia w części wstępnej przedstawię (korzystając z materiałów źródłowych, udostępnionych mi przez koordynatora egzaminu maturalnego z fizyki CKE pana Mariusza Mroczyka) opis arkusza maturalnego z fizyki z uwzględnieniem zmian wprowadzonych od roku 2023.

W dalszej części na podstawie sprawozdań z egzaminu maturalnego umieszczonych na stronie CKE poddam analizie rozkłady Gaussa wyników maturalnych z fizyki oraz średnie wyniki procentowe, uzyskiwane przez abiturientów na przestrzeni ostatnich lat (rok 2020 – 34%; rok 2021 – 37%; rok 2022 – 37%) w kontekście wymagań, które obowiązywać będą od roku 2025. Dokonam ich porównania z wynikami uzyskiwanymi z innych przedmiotów przyrodniczych. Analizie poddam również liczbę zdających egzamin maturalny z fizyki (rok 2020 – 21079; rok 2021 – 19665; rok 2022 – 18934) z uzupełnieniem o najnowsze dane.

Powyższe analizy porównawcze będą miały na celu zwrócenie uwagi na stale obniżającą się liczbę maturzystów wybierających fizykę jako przedmiot dodatkowy. Wysoki poziom trudności egzaminu z fizyki połączony z obowiązkiem uzyskania w przyszłości progu punktowego może spowodować poważny spadek liczby zdających.

Jako, że egzamin maturalny jest zarazem egzaminem wstępnym na wyższe uczelnie ponieważ zrozumiąla jest tendencja autorów arkusza maturalnego do stawiania abiturientom wysokich wymagań egzaminacyjnych. Jednak warto zwrócić uwagę na fakt, że takie działanie być może zapewni dobrych studentów nielicznym wydziałom najlepszych polskich uczelni (wysoki wynik uzyskuje zaledwie kilka procent zdających), ale może przy okazji spowodować tzw. „odpływ” zdających, a w konsekwencji drastyczny spadek liczby studentów na pozostałych uczelniach wymagających egzaminu z fizyki w procesie rekrutacyjnym. Trzeba też pamiętać o tym, że nauka w szkole ponadpodstawowej nie jest wyłącznie treningiem przedmaturalnym, a podstawę programową realizuje się w różnorodny sposób i ze wszystkimi uczniami (również tymi, którzy do matury z fizyki nie przystępują). Zgodnie z cytowanym wyżej rozporządzeniem „egzamin maturalny z fizyki obejmuje określony w podstawie programowej kształcenia ogólnego zakres podstawowy i zakres rozszerzony” co oznacza, że solidnie pracujący uczeń, który opanował treści i umiejętności zawarte w podstawie programowej w stopniu dobrym, powinien bez problemu uzyskać na egzaminie wynik co najmniej 50%. Tymczasem rzeczywistość od lat temu przeczy. Oczywiście wszyscy się zgodzimy, że fizyka nie jest dla wszystkich i zgodnie z tą zasadą wybiera ją rokrocznie zaledwie kilka procent przystępujących do egzaminów maturzystów (w roku 2022 – 7%). Ale i ta nieliczna grupa żywo zainteresowanych przedmiotem młodych ludzi uzyskuje w rezultacie wyniki poniżej oczekiwań. Warto więc dostrzec problem i zastanowić się nad jego systemowym rozwiązaniem.

Bibliografia

- [1] <https://cke.gov.pl/egzamin-maturalny/>
- [2] Mroczek M., CKE, „Egzamin maturalny z fizyki od roku szkolnego 2022/2023” - prezentacja.

Nauczanie fizyki... czyli czego?

J. Gondek

*Instytut Fizyki Doświadczalnej,
Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki,
Uniwersytet Gdański,
ul. Wita Stwosza 57, 80-308 Gdańsk
e-mail: joanna.gondek@ug.edu.pl*

Fizyka nie zalicza się obecnie ani do ulubionych przedmiotów szkolnych, ani do popularnych kierunków studiów, ani do tych dyscyplin naukowych, które są uważane za ważne. Może rzeczywiście fizyka nie jest już motorem rozwoju cywilizacji i może dlatego nie jest ani potrzebna, ani ważna w edukacji powszechnej tak jak kiedyś? Jeśli jednak fizyka jest ważna – również jako przedmiot nauczania – to trzeba jak najszybciej rozpocząć dyskusję nad tym, jak odbudować jej znaczenie. Trzeba znaleźć odpowiedź na pytanie: dlaczego nauczanie fizyki przestało być postrzegane jako *doskonała szkoła naukowego myślenia, naukowego krytycyzmu...* (Arkadiusz H. Piekara *Najjaśniejszemu y Najpotężniejszemu Panu czyli o Nauki Horyzontach Dalekich* PAX Warszawa 1984), jak przywrócić społeczeństwu świadomość, że *Fizyka jest fundamentem wszystkich nauk przyrodniczych i 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.* (ibid.). Dyskusja musi być zarówno wielowątkowa, jak i wielośrodowiskowa, bo zbyt niskie nakłady finansowe na szkolnictwo są tylko jedną z przyczyn obecnego stanu rzeczy.

Fizyka dla szkoły ponadpodstawowej na Zintegrowanej Platformie Edukacyjnej

A. Kaczorowska

*XIX Liceum Ogólnokształcące
im. Powstańców Warszawy w Warszawie
ul. Zbaraska 1, 04-014 Warszawa
e-mail: anna.kaczorowska@fuw.edu.pl*

Przedstawiony projekt pod nazwą „Fizyka w 950 kapsułkach” został zrealizowany przez pracowników Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej przy współudziale doświadczonych nauczycieli szkół średnich. Opracowane materiały (nazwane przez nas żartobliwie „kapsułkami”) zostały umieszczone na Zintegrowanej Płaszczyźnie Edukacyjnej Ministerstwa Edukacji i Nauki i od 2022 roku są ogólnie dostępne dla uczniów i nauczycieli. Ich treść wyczerpuje aktualnie obowiązującą Podstawę Programową dla szkół ponadpodstawowych, a w ponad stu pięćdziesięciu materiałach prezentowane są treści poza nią wykraczające. Każdy z ponad tysiąca materiałów ma taką samą strukturę: przeznaczoną dla ucznia część teoretyczną, interakcyjną część medialną, interakcyjne zadania oraz konspekt lekcji przeznaczony dla nauczyciela. Interakcyjną część medialną stanowią: symulacje, animacje, filmy-samouczki, sfilmowane doświadczenia, wirtualne laboratoria o różnym poziomie trudności oraz grafiki. Przedstawię pięć najbardziej reprezentatywnych materiałów pozwalających ocenić poziom i wartość dydaktyczną projektu. Jednocześnie przedstawione zostaną sposoby wykorzystania materiałów przez nauczyciela w procesie dydaktycznym. Bardzo przydatne i unikalne są „kapsułki” przekrojowe, dotyczące historii fizyki, metodologii fizyki, sposobu zdobywania i opracowywania danych doświadczalnych i wreszcie biogramy opracowane przez prof. A. K. Wróblewskiego i wplecione w lekcje fizyki. Są również materiały dotyczące współczesnych osiągnięć fizyki, astronomii. Znaczna część materiałów została przystosowana do wykorzystania przez uczniów słabo widzących lub niewidomych, co wymagało niejednokrotnie zastosowania zupełnie innych, nowych środków przekazu dydaktycznego.

Podziękowania

Projekt zrealizowany przez Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej.

Jak przygotować ucznia do udziału w Olimpiadzie Fizycznej i innych konkursach

W. Zawadzki^{1,2}

¹*Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego,
Uniwersytet Jagielloński,
ul. prof. St. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków*

²*Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Fizycznego*

Przygotowanie ucznia, nawet ucznia zdolnego, do udziału w konkursie z fizyki czy Olimpiadzie Fizycznej to złożone i wymagające przedsięwzięcie. Podczas warsztatów omówione zostaną elementy przygotowania ucznia do udziału w konkursie, jak również wybrane strategie rozwiązywania zadań konkursowych. Zaprezentowane zostaną najczęstsze błędy popełniane przez uczestników Małopolskiego Konkursu z Fizyki dla uczniów szkół podstawowych, Ogólnopolskiego Konkursu Fizycznego „Lwiątko” związane np. z modelowaniem czy szacowaniem niepewności pomiarowych. Wykład będzie również okazją do samodzielnego rozwiązania kilku zadań konkursowych.

Semimetale topologiczne, ale nie tylko, i niezwykła różnorodność ich własności elektronowych

P. Wiśniewski

*Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych
im. Włodzimierza Trzebiatowskiego
Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu,
ul. Okólna 2, 50-422 Wrocław*

Odkrycie roli topologii w strukturach elektronowych i własnościach materiałów wzbudziło ogromne zainteresowanie fizyków. Na początku ich badania skupiły się na izolatorach topologicznych, ale wkrótce okazało się, że istnieje druga grupa materiałów topologicznych: semimetale. Dziś ponad dwie trzecie teoretycznie przewidywanych materiałów o nietrywialnej topologii to semimetale. Regularnie pojawiają się też eksperymentalne doniesienia o nowych materiałach tego typu.

W ciągu ostatnich kilku lat pokazano wiele nowych, fascynujących właściwości tych związków: ekstremalnie duży magnetoopór, powstawanie par nadprzewodzących nowego rodzaju czy chiralną anomalię magnetyczną.

Dlaczego semimetaliczność jest tak istotna? Co ułatwia, a co utrudnia badanie ich własności elektronowych? Spróbuję odpowiedzieć na te pytania, ilustrując wykład wynikami naszych badań.

Majorana Quasiparticles in Transport Through Hybrid Nanostructures

I. Weymann

*Institute of Spintronics and Quantum Information,
Faculty of Physics,
Adam Mickiewicz University,
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61-614 Poznań*

The search of Majorana fermions, particles that are their own antiparticles, has triggered a considerable interest in the physics community. Although their existence is still elusive, the fate of Majoranas has stimulated extensive research in the field of condensed matter, when it turned out that zero-energy bound states of topological superconducting nanowires may behave as Majorana quasiparticles. The presence of topologically-protected Majorana bound states that form at the ends of such wire is signaled by a zero bias peak in the system's conductance. Moreover, their existence is also revealed in transport properties of attached quantum dots, where the effect of Majorana modes leaking was found to give rise to fractional values of the conductance through quantum dot. In this talk, I will present our recent results on the transport characteristics of hybrid nanostructures consisting of topological superconducting nanowires attached to quantum dots. The focus will be put on strong electron correlations and transport regimes, where the Kondo effect can coexist with topologically-protected Majorana modes leading to unique transport behavior. I will discuss the cases of both single and double hybrid quantum dot systems. In the latter case, depending on the device geometry, the Majorana mode can leak into both quantum dots, giving rise to fractional values of conductance and revealing a subtle interplay between the Kondo screening and the half-fermionic nature of Majorana quasiparticles. Finally, I will analyze the case when the leads are subject to a thermal gradient, focusing on the behavior of thermopower and discussing new sign changes in the temperature dependence of the Seebeck effect due to the presence of Majorana zero-energy modes.

Acknowledgement

The support from the National Science Centre in Poland through the Project Nos. 2018/29/B/ST3/00937 and 2022/45/B/ST3/02826 is acknowledged.

Topologiczne fazy pasm elektronowych wąskoprzerwowych półprzewodników IV-VI, ich nanostruktur i defektów

R. Buczko

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

Omówię fazy topologiczne wąskoprzerwowych półprzewodników z rodziny IV-VI. Z powodu silnych efektów relatywistycznych, wpływających na strukturę pasmową, niektóre z dwuskładnikowych chalcogenków, ale też ich trójskładnikowych roztworów stałych mają odwróconą przerwę energetyczną. Wiąże się to z nietrywialną topologią ich stanów elektronowych. Kryształy te klasyfikowane są jako topologiczne izolatory krystaliczne i posiadają na powierzchniach spinowo spolaryzowane stany elektronowe o widmie spektralnym w kształcie stożków Diraca o zerowej przerwie. Pokażę, że również nanostruktury zbudowane z tych materiałów, takie jak cienkie warstwy i nanodruły, a także dwuwymiarowe defekty krystaliczne można charakteryzować jako topologicznie nietrywialne. Występowanie na ich krawędziach spolaryzowanych, chronionych przez symetrie krystaliczne stanów elektronowych daje nadzieję na zastosowanie tego typu struktur w przyszłych urządzeniach spintronicznych.

Non-Equilibrium Properties of Topological Matter

N. Sedlmayr

*Institute of Physics,
Maria Curie-Skłodowska University,
pl. M. Curie-Skłodowskiej 1, 20-031 Lublin*

We study the non-equilibrium properties of one-dimensional models with symmetry protected topological phases. For quenches where *dynamical quantum phase transitions* occur we find that their onset are associated with sudden changes in the boundary contribution. We show that these sudden changes are related to the periodical appearance of zero eigenvalues of the dynamical Loschmidt matrix in a *dynamical bulk-boundary correspondence*. We demonstrate, furthermore, that the structure of the Loschmidt spectrum is linked to the periodic creation of long-range entanglement between the edges of the system, and investigate the role of string order parameters in the dynamics. By considering *out-of-order-time correlators* we find the role that topologically protected boundary modes play in information scrambling in topological systems. Generalisations to finite temperatures, open dissipative systems, many-band models, higher dimensions, and higher order topology are also discussed.

Symulacje Monte Carlo współczynnika Poissona w prostych modelach metamateriałów mechanicznych

K. W. Wojciechowski

*Zakład Auksetyków, Materiałów Funkcjonalnych i Symulacji Komputerowych,
Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk,
ul. Mariana Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań
<https://www.ifmpan.poznan.pl/pl/zn/zn1.html>
e-mail: kw@ifmpan.poznan.pl*

Współczynnik Poissona [1], który opisuje deformację poprzeczną materiału sprężystego poddanego naprężeniu podłużnemu, można wyrazić za pomocą ujemnego stosunku względnej zmiany rozmiaru poprzecznego do względnej zmiany rozmiaru podłużnego przy infinitezymalnej zmianie naprężenia podłużnego. Dla typowych materiałów, takich jak guma, stal, czy gąbka, współczynnik ten jest dodatni, co oznacza, że materiały takie zmniejszają swoje rozmiary poprzeczne przy rozciąganiu. Choć warunki stabilności dopuszczają ujemność współczynnika Poissona, to przez długi czas uważano, że w układach izotropowych jest on dodatni [1]. Dopiero pod koniec lat 80-tych ubiegłego stulecia wytworzono pianę z ujemnym współczynnikiem Poissona [2]. Znalaziono też wtedy model z termodynamicznie stabilną fazą wykazującą ujemny i niezależny od kierunku współczynnik Poissona [3, 4]. Model ten rozwiązano ściśle w granicy zerowej temperatury [5]. Układy, których współczynnik Poissona jest ujemny nazywane są zwykle auksetykami [6]. Wiele spośród auksetyków zalicza się do klasy metamateriałów mechanicznych [7]. Liczba znanych układów auksetycznych ciągle rośnie [8, 9] i niemal co roku ukazują się zeszyty tematyczne poświęcone takim układom [10].

Podczas niniejszego wykładu naszkicowane zostaną symulacje komputerowe dotyczące wybranych modeli wykazujących auksetyczność oraz modeli metamateriałów o sprzecznych z intuicją właściwościach sprężystych.

Podziękowania

Obliczenia zostały częściowo wykonane w Poznańskim Centrum Superkomputerowo-Sieciowym (PCSS). Niniejszy wykład był w części finansowany z grantu 2017/27/B/ST3/02955 Narodowego Centrum Nauki.

Bibliografia

- [1] Landau L. D., Lifszyc E. M., Teoria Sprężystości, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1987.
- [2] Lakes R., Foam structures with a negative Poisson's ratio, *Science* 235, 1038-1040 (1987).
- [3] Wojciechowski K. W., Constant thermodynamic tension Monte Carlo studies of elastic properties of a two-dimensional system of hard cyclic hexamers, *Mol. Phys.* 61, 1247-1258 (1987).
- [4] Wojciechowski K. W., Brańka A. C., Negative Poisson ratio in a two-dimensional isotropic solid, *Phys. Rev. A* 40, 7222-7225 (1989).

- [5] Wojciechowski K. W., Two-dimensional isotropic system with a negative Poisson ratio, *Phys. Lett. A* 137, 60-64 (1989).
- [6] Evans K. E., Nkansah M. A., Hutchinson I. J., Rogers S. C., Molecular Network Design, *Nature* 353, 124 (1991).
- [7] Grima J. N., Caruana-Gauci R., Mechanical metamaterials - Materials that push back, *Nat. Materials* 11, 565-566 (2012).
- [8] Lim T.-C., Auxetic Materials and Structures, in book series *Engineering Materials*, 1-587, Springer, Berlin, 2015.
- [9] Lakes R. S., Negative-Poisson's-Ratio Materials: Auxetic Solids, *Annu. Rev. Mater. Res.* 47, 63-81 (2017).
- [10] Wojciechowski K. W., Auxetics and Other Systems with Unusual Characteristics, *Phys. Status Solidi B* 259, art. 2200536 (2022).

The Changes of Auxeticity in Hard Sphere Cubic Crystals with Selected Inclusions of Hard Spheres with Different Diameters

J. W. Narojczyk

*Institute of Molecular Physics,
Polish Academy of Sciences,
ul. M. Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań
e-mail: narojczyk@ifmpan.poznan.pl*

Materials that exhibit negative Poisson's ratio [1], also known by the name *auxetics* [2], are a relatively new class of materials featuring unusual elastic properties. The negative value of Poisson's ratio indicates that when stretched, such material expands its dimensions in at least one of the directions transverse to the direction of the stretch. The multitude of potential applications is what drives the interest in auxetic materials. That interest started in the late 1980s, after publication of an experimental studies by Lakes (who produced the first auxetic foam [3]) and theoretical studies by Wojciechowski (who proposed and rigorously solved the first thermodynamically stable model exhibiting negative Poisson's ratio [4, 5]). These articles constitute an important milestone in the development of auxetic materials. The latter are the subject of intense theoretical and experimental studies. Auxeticity have been found not only in polymers [6] and composites [7], but also in cubic crystals [8]. Alongside the experimental work, a number of theoretical models, showing auxetic properties, have been studied. The most noteworthy (apart from the aforementioned one) are models of rotating rigid units proposed by Grima [9]. Apart from the search for the new materials and models featuring auxeticity and the search for the negative Poisson's ratio in the existing materials, the effort is made to modify the latter to enhance or induce auxetic properties. Thus, recent studies of f.c.c. hard sphere crystals with cylindrical inclusions of other hard spheres with different diameters [10], showed that the partially auxetic behaviour of an f.c.c. hard sphere crystal can be significantly enhanced. This talk will contain the review of further studies performed on the same system, but containing different types of inclusions, which will include quasi 0D (point-like) inclusions, quasi 1D nanochannel inclusions, and quasi 2D layer inclusions (or their different combinations). The investigated systems include (among others) multiple nanochannels oriented in either of the two high symmetry directions ([100] [11] or [111] [12]), as well as models containing inclusions in [110]-directions. The latter is the direction in which auxetic effect is observable in pure cubic systems (without inclusions). It is also shown that the inclusions can be designed such, that the cubic symmetry of the crystal is preserved. An attempt has been also made to verify the impact of inclusions constructed from the simplest (di-atomic) molecules on the elastic properties of the hard sphere crystal. The talk will summarize the changes

of elastic properties (with the emphasis on the Poisson's ratio) of the above described models, with respect to the changes of size of particles that form the inclusions, the size of the inclusions them self, and their orientation and layout inside the crystal structure.

Acknowledgement

This work was supported by the grant No. 2017/27/B/ST3/02955 of the National Science Centre, Poland. The computations were partially performed at Poznań Supercomputing and Networking Center (PCSS).

References

- [1] Landau L. D., Lifshitz E. M., Theory of Elasticity, Pergamon Press, London, UK (1986).
- [2] Evans K. E., Auxetic polymers: A new range of materials, Endeavour 15, 170-174 (1991).
- [3] Lakes R. S., Foam structures with a negative Poisson's ratio, Science 235, 1038-1040 (1987).
- [4] Wojciechowski K. W., Constant thermodynamic tension Monte Carlo studies of elastic properties of a two-dimensional system of hard cyclic hexamers, Mol. Phys. 61, 1247-1258 (1987).
- [5] Wojciechowski K. W., Two-Dimensional isotropic system with a negative Poisson ratio, Phys. Lett. A 137, 60-64 (1989).
- [6] Fozdar D. Y., Soman P., Lee J. W., Han L. H., Chen S. C., Three-dimensional polymer constructs exhibiting a tunable negative Poisson's ratio, Adv. Funct. Mater. 21, 2712-2720 (2011).
- [7] Alderson K L. Simkins V R., Coenen V. L., Davies P. J., How to make auxetic fibre reinforced composites, Phys. Status Solidi B Basic Solid State Phys. 242, 509-518 (2005).
- [8] Baughman R. H., Shacklette J. M., Zakhidov A. A., Stafstrom S., Negative Poisson's ratios as a common feature of cubic metals, Nature 392, 362-365 (1998).
- [9] Grima J. N., Alderson A., Evans K. E., Auxetic behaviour from rotating rigid units, Phys. Status Solidi B 242, 561-575 (2005).
- [10] Narojczyk J. W., Wojciechowski K. W., Tretiakov K. V., Smardzewski J., Scarpa F., Piglowski P. M., Kowalik M., Imre A. R., Bilski M., Auxetic Properties of a f.c.c. Crystal of Hard Spheres with an Array of [001]-Nanochannels Filled by Hard Spheres of Another Diameter, Phys. Status Solidi B 256, 1800611 (2019).
- [11] Narojczyk J. W., Bilski M., Grima J. N., Kedziora P., Morozow D., Rucki M., Wojciechowski K. W., Removing Auxetic Properties in f.c.c. Hard Sphere Crystals by Orthogonal Nanochannels with Hard Spheres of Another Diameter, Materials 15, 1134 (2022).
- [12] Narojczyk J. W., Tretiakov K. V., Wojciechowski K. W., Phys. Status Solidi B 259, 2200464 (2022).

Czy komórki nowotworowe wykonują ruchy Lévy'ego?

K. Tretiakov

*Instytut Fizyki Molekularnej
Polskiej Akademii Nauk,
ul. M. Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań*

Badanie rozkładów statystycznych procesów stochastycznych, za pomocą, których można opisać ruch komórek zdrowych jak i rakowych, jest ważnym elementem w walce z nowotworami. Wyniki tych badań wskazują, że ruch komórek zdrowych oraz rakowych podlega odmiennym statystykom. Przeanalizowano ruch komórek migrujących na liniowych mikro-torach i wykazano, że komórki nowotworowe stosują jakościowo inną strategię ruchu niż ich nieinwazyjne odpowiedniki [1]. Okazało się, że trajektorie komórek nowotworowych cechują skupiska małych kroków przeplatanych długimi „skokami”. Takie ruchy charakteryzują się potęgowym rozkładem prawdopodobieństwa czasów utrzymywania kierunkowości ruchu i są podobne do tzw. ruchów Lévy'ego. Inaczej zachowują się komórki rakowe niedające przerzutów – wykonują one ruchy dyfuzyjne. Obserwacje te potwierdzono we wstępnych eksperymentach z komórkami nowotworowymi, migrującymi od pierwotnych guzów nowotworowych wewnątrz żywego organizmu [1]. Zastosowanie inhibitorów chemicznych, skierowanych na białka wiążące aktynę, pozwala „przeprogramować” ruchy Lévy'ego na ruch dyfuzyjny lub balistyczny, co daje nadzieję na skuteczniejszą walkę z nowotworami.

Podziękowania

Obliczenia zostały częściowo wykonane w Poznańskim Centrum Superkomputerowo-Sieciowym (PCSS). Niniejszy wykład był współfinansowany z grantu 2017/27/B/ST3/02955 Narodowego Centrum Nauki.

Bibliografia

- [1] Huda S., Weigelin B., Wolf K., Tretiakov K. V., Polev K., Wilk G., Iwasa M., Emami F. S., Narojczyk J. W., Banaszak M., Soh S., Pilans D., Vahid A., Makurath M., Friedl P., Borisy G. G., Kandere-Grzybowska K., Grzybowski B. A., Nat. Commun. 9, 4539 (2018).

Określanie właściwości fizycznych za pomocą numerycznej analizy tekstur ciekłokrystalicznych

S. Pieprzyk

*Instytut Fizyki Molekularnej
Polskiej Akademii Nauk,
ul. M. Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań
e-mail: slawomir.pieprzyk@ifmpan.poznan.pl*

W wielu różnych dziedzinach nauki i techniki (np. kartografii, biologii, medycynie, inżynierii oraz zastosowaniach militarnych) wyniki pomiarów uzyskiwane są często w formie obrazów. Przykładem jest optyczna mikroskopia polaryzacyjna (POM), która jest podstawową i powszechnie stosowaną metodą badawczą w obszarze miękkiej materii, szczególnie w badaniach ciekłych kryształów i polimerów. Interesującym i ważnym sposobem analizy informacji, uzyskiwanych z obrazów POM jest ich analiza numeryczna. W większości przypadków numeryczna analiza tekstur opiera się na wykorzystaniu macierzy współwystępowania na poziomie skali szarości (GLCM) i różnych charakterystykach Haralika. Tym sposobem analizowane jest natężenie światła w poszczególnych pikselach bez informacji o kolorze. Ostatnio podejście to zostało uogólnione na obrazy kolorowe i proponowane rozszerzenie omówione zostanie w prezentacji.

W uogólnionej metodzie odwzorowanie fizycznego rozkładu długości fali światła uzyskuje się poprzez odpowiednią konwersję obrazu (tekstury) z modelu przestrzeni barw RGB na model barwy-nasycenia-jasności (HSL) [1]. Pozwala to na identyfikację lokalnych zmian koloru spowodowanych czynnikami zewnętrznymi, np. temperaturą, polem elektrycznym lub naprężeniami. W ten sposób możliwa jest analiza określonych właściwości fizycznych badanego materiału ciekłokrystalicznego.

W prezentacji przedstawione zostaną trzy przykłady zastosowań numerycznej metody analizy tekstur. Pierwszy związany z identyfikacją sekwencji mezofaz, występujących w termotropowych ciekłych kryształach, w szczególności z możliwością lokalizacji subtelnych przejść między fazami o podobnych teksturach. W drugim przykładzie przedstawione zostanie to, jak zmienia się długość fali wyznaczona metodą analizy wraz ze wzrostem natężenia zewnętrznego pola elektrycznego przykładanego do próbki. Ostatni przykład dotyczyć będzie wyznaczenia zależności dwójłomności w funkcji temperatury w materiale ciekłokrystalicznym, na podstawie numerycznej analizy tekstur. W prezentacji wykorzystane zostaną tekstury ferroelektrycznych faz smektycznych i faz błękitnych.

Bibliografia

- [1] Pieprzyk S., Yevchenko T., Dardas D., Brańka A. C., J. Mol. Liq 362, 119699 (2022).

Ferrofluidy oparte o ciecze jonowe i nanocząstki ferromagnetyczne. Właściwości redoks

M. Bobrowski, S. Ibragimov, L. Komando

*Instytut Nanotechnologii i Inżynierii Materiałowej,
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk*

Zawiesina nanocząstek ferromagnetycznych w cieczach jonowych może pod pewnymi warunkami stać się trwałym ferrofluidem. Dodatkowo w takich układach można rozpuścić niektóre pary redoks i uzyskać wzrost właściwości elektrochemicznych. Co więcej, materiał taki można dodatkowo wykorzystać jako termoelektryk w urządzeniu typu Peltiera, a więc zamiast tradycyjnych półprzewodników, opartych o materiały wykonane z ciała stałego. Konstrukcyjnie celki z ferrofluidem można wbudowywać w matrycę wykonaną z elastycznych polimerów lub np. ceramiki, zaś całość może stanowić płytkę termo-elektryczną. Rozwiązanie to jest możliwe w przypadku wykorzystania dodatkowo technologii opartej o zastosowanie polimerów, osadzanych na cieczach w sposób ultradokładny z zachowaniem kształtu kropli, co jednocześnie umożliwia miniaturyzację poszczególnych celek galwanicznych i całego urządzenia typu konwerter Peltiera. Dodatkowo odkryto niedawno, że zawiesina nanocząstek ferromagnetycznych w rozpuszczalnikach organicznych wywołuje efekt Sorreta i generuje efekt Seebecka, przy czym współczynnik Seebecka wynosi aż około 10^{-5} V/K czyli aż o około rząd wielkości więcej niż w przypadku cieczy jonowych czy też tradycyjnych półprzewodników, opartych o tellurek bizmutu. Wykorzystanie więc nanocząstek ferromagnetycznych w układach cieczy jonowych może okazać się bardzo efektywną metodą zwiększenia odzysku ciepła i jego zamiany w energię elektryczną. Okazuje się jednak, że spora część takich złożonych cieczy magnetycznych posiada silne właściwości redoks i co najmniej na elektrodach mogą zachodzić reakcje wymiany elektronowej nie tylko z udziałem typowych par redoks, ale też z nanocząstkami ferromagnetycznymi, a nawet z cieczami jonowymi. Zatem mechanizm działania celek termo-elektrochemicznych, opartych o ciecze jonowe, wydaje się być bardzo złożony, gdyż wiele z jego elementów to czynne układy redoks. W pracy uzyskano informacje o samych strukturach wszystkich elementów takich ferrofluidów, jak również o ich właściwościach redoks. Wykorzystano metody mechaniki kwantowej.

Podziękowania

Badania wsparte przez grant numer 731976 dla projektu o akronimie Magenta realizowanego w programie Horyzont 2020 Unii Europejskiej.

The Extreme Light Infrastructure ERIC

N. Witzanyová¹, Z. Fülöp²

¹*ELI ERIC, Dolní Břežany, Czech Republic*

²*ELI-ALPS, Szeged, Hungary*

The Extreme Light Infrastructure ERIC (ELI ERIC) is the world's largest and most advanced collection of high-power lasers. As an international user facility dedicated to multi-disciplinary science and research applications, ELI provides access to world-class high-power, high-repetition-rate laser systems and enables cutting-edge research in physical, chemical, materials, and medical sciences, as well as breakthrough technological innovations. The ELI ERIC operates as a single multi-site organisation with complementary facilities specialised in different fields of research with extreme light: ELI Beamlines in Dolní Břežany (Czech Republic) and ELI ALPS in Szeged (Hungary). The forthcoming facility ELI Nuclear Physics in Măgurele (Romania) is expected to join the ERIC in the future, as Romania is currently in the process of joining as a Founding Observer.

On 30 April 2021, the Extreme Light Infrastructure (ELI) was granted the legal status of European Research Infrastructure Consortium (ERIC), making it a European legal subject, by the European Commission. The main mission of ELI ERIC is to make the ELI ERIC Facilities available to the scientific community as a single international organisation, with unified governance and management. ELI ERIC is Europe's first large-scale research infrastructure seated in New Member States, located in Central Europe. ELI was recognised as a strategic priority for Europe and included on the ESFRI Roadmap (2006) and recognized as an ESFRI Landmark (2016). ELI ERIC was built in synergy with European research and innovation framework program funds, national public support, and structural funds. Operations are covered by Member contributions.

The Joint ELI User Programme, launched in 2022, makes commissioned equipment at all three ELI Facilities available to the international user community through a single point of access. Access is free and competitive, based on scientific excellence following a peer-review evaluation. For more information visit www.eli-laser.eu.

Innowacyjne rozwiązania Bruker AXS do analizy XRD

P. Wróbel

*LABSOFT Sp. z o.o.,
ul. Puławska 469, 02-844 Warszawa
e-mail: patryk.wrobel@labsoft.pl*

D8 Advance oraz D8 Discover to sprawdzone oraz przetestowane przez użytkowników systemy do analizy XRD. Do ich grupy dołączył rewolucyjny dyfraktometr typu benchtop D6 Phaser. Posiadanie najnowocześniejszych technologii oraz innowacyjnych rozwiązań zapewnia uzyskiwanie najdokładniejszych i precyzyjnych wyników w Twoich badaniach. Prezentacja zapewni przegląd technik XRD dostarczanych przez Bruker AXS.

NNT sp. z o.o. czyli droga fizyków od pomysłu do przemysłu

B. Augustyniak

*NNT Sp. z o.o.,
ul. Kartuska 432A, 80-125 Gdańsk*

Prezentujemy historię rozwoju i działalność firmy NNT, aby pokazać, że możliwe jest osiągnięcie poznawczego i komercyjnego sukcesu wykorzystując i przetwarzając twórczo wiedzę z trzech komplementarnych dziedzin: 1) wiedza o strukturze i zjawiskach elektromagnetycznych w stalach, 2) elektrotechniki i informatyki w zakresie konstrukcji zaawansowanych urządzeń pomiarowych oraz 3) działanie przedsiębiorstwa na zasadach spółki prawa handlowego. Firma utworzona została przez pracowników naukowych Wydziału Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej w roku 2016 jako start-up i specjalizuje się w opracowaniu innowacyjnych technik pomiarowych, służących do szybkiego i nieinwazyjnego diagnozowania stanu konstrukcji stalowych z wykorzystaniem efektów magnetoelastycznych i elektromagnetycznych. Wykorzystując subwencje z projektów badawczych, ogłaszanych przez NCBiR oraz Agencję Rozwoju Przemysłu, budujemy oryginalną i unikalną aparaturę pomiarową. Wykonujemy także badania elementów konstrukcyjnych i ekspertyzy techniczne w ramach zleceń dla przedsiębiorstw zainteresowanych diagnostyką ich konstrukcji i produktów na każdym etapie eksploatacji. Naszym głównym obszarem działalności komercyjnej jest ocena stanu naprężenia w konstrukcjach stalowych. Miernik MagStress5c jest pierwszym urządzeniem na świecie, które wyznacza wartość naprężenia w MPa w warstwie powierzchniowej konstrukcji w czasie krótszym niż 5 sekund. Opracowaliśmy także unikalny miernik stanu naprężenia typ MagStress5D, który w sposób automatyczny wyznacza składowe główne naprężenia. Firma NNT oferuje także diagnostykę procesu degradacji mikrostruktury z użyciem efektu emisji magnetoakustycznej oraz wykrywanie nieciągłości metodą bazującą na pomiarze magnetycznego pola rozproszonego i rejestracji impulsów magnetostrykcyjnych. Zjazd PTF jest dla nas wyjątkową okazją do nawiązania kontaktu z kadrą uczelni wyższych i przedstawienia oferty naszej aparatury pomiarowej, służącej do prowadzenia badań oraz użytecznej w szkoleniu studentów w dziedzinie metrologii czy też fizyki ciała stałego i inżynierii materiałowej.

Mała energetyka wiatrowa – inspiracja dla innowacyjnych rozwiązań

P. Doerffer

*Institut Maszyn Przepływowych
Polskiej Akademii Nauk,
ul. Fiszer 14, 80-231 Gdańsk
e-mail: doerffer@imp.gda.pl*

Tradycyjnie energetyka wiatrowa kojarzy się dzisiaj z wielkimi wiatrakami o osi poziomej, które wyposażone są w trzy łopaty napędowe. Takie rozwiązanie jest wynikiem wieloletniej pracy nad optymalizacją dużych wiatraków pod kątem efektywności energetycznej i kosztów produkcji. Rozmiar inwestycji związanej z wiatrakami dużej mocy prowadzi do tego, że opłacalna jest pełna automatyka działania wiatraka.

W przypadku małych wiatraków, w skali prosumenckiej, sytuacja jest zupełnie inna. Ten rynek nie zdołał wypracować jednego rozwiązania technicznego, które zdominowałby ten sektor. Dlatego małe wiatraki są różnego typu, w zależności od inwestora i producenta. Inwestycja jest na tyle mała, że pełne oprzyrządowanie pomiarowe i automatyzacja sterowania są nieopłacalne. Ale dzięki tej różnorodności potrzeb i propozycji rozwiązań powstało dużo miejsca na innowacje.

W ramach małej energetyki wiatrowej oczywiście miejsce zajmuje wiatrak o osi poziomej, podobny do wielkich wiatraków, ale z uproszczonym systemem sterowania. W ramach rynku małych wiatraków główną i najbardziej popularną grupę stanowią wiatraki o osi pionowej. Tu należy wymienić dwa podstawowe typy wiatraków: jeden – wykorzystujący siłę nośną na elementach napędowych, drugi – wykorzystujący siłę oporu aerodynamicznego. Te dwa typy charakteryzują się zupełnie innymi właściwościami.

Przy wykorzystaniu siły nośnej łopata porusza się z dużą prędkością w stosunku do otaczającego powietrza, większą niż prędkość wiatru. Dlatego uzyskanie odpowiedniej siły na łopacie można osiągnąć przy małej cięciwie profilu. W tych wiatrakach powierzchnia zajmowana przez wirnik jest mała. Taki wirnik przy dużych prędkościach wiatru, po jego zatrzymaniu, wytwarza mały opór aerodynamiczny. Z tej przyczyny konstrukcja wirnika i konstrukcji wsporczej może być niewielkich wymiarów.

W przypadku wykorzystania siły oporu powierzchnia wirnika musi być jak największa, aby uzyskać jak największą siłę napędową. Maksymalizacja napędu prowadzi do tego, że powierzchnia wirnika przesłania cały obszar wykorzystywanej strugi wiatru. Z tego powodu przy silnych wiatrach siły aerodynamiczne są duże i zarówno wirnik jak i konstrukcja wsporcza muszą być mocnej konstrukcji.

Zastosowanie różnych typów wiatraków małej mocy wymaga więc wnikliwej analizy co do efektywności wiatraka, sił działających oraz opłacalności inwestycji.

To nasz świat. Fizyka – wartościowa alternatywa w nauczaniu fizyki na poziomie szkoły podstawowej

P. Szwocha

Gdańskie Wydawnictwo Oświatowe

Prezentacja nowej serii podręczników do fizyki dla szkoły podstawowej *To nasz świat. Fizyka* wydanej przez Gdańskie Wydawnictwo Oświatowe. Podczas prezentacji omówiona zostanie: struktura serii, budowa podręcznika, konstrukcja lekcji i obudowa dydaktyczna serii.

Czytaj, myśl i działaj – dlaczego warto pracować
na lekcjach różnymi metodami.
Sposób na fizykę od WSiP

T. Greczyło

*Instytut Fizyki Doświadczalnej,
Uniwersytet Wrocławski,
pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław
e-mail: tomasz.greczylo@wvr.edu.pl*

Uczenie się jest indywidualnym i złożonym procesem. Zadaniem szkoły i nauczycieli jest stwarzanie warunków, w których proces ten prowadzi do efektywnego zdobywania wiedzy, kształtowania umiejętności oraz formowania postaw. W działaniach dydaktycznych powinniśmy więc wykorzystywać narzędzia i materiały, które wspierają różne style uczenia się.

Podczas wystąpienia zaprezentowany zostanie materiał stanowiący fragment oferty wydawniczej WSiP – Sposób na fizykę – adresowany do uczennic i uczniów szkoły podstawowej, który angażuje ich do pracy różnymi metodami m.in. do aktywnego czytania, myślenia i działania. Przedstawione przykłady obejmą tematykę związaną ze zjawiskiem ruchu.

Wszystko drga – dwa opisy ruchu drgającego

G. F. Wojewoda

*VI Liceum Ogólnokształcące
im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy,
ul. Stanisława Staszica 4, 85-014 Bydgoszcz*

W klasie drugiej w zakresie podstawowym oraz rozszerzonym zaplanowany jest opis ruchu drgającego. Pokażemy cechy wspólne oraz różnice w sposobie wprowadzenia treści wynikających z podstawy programowej. W zakresie podstawowym opis jest jakościowy. Kompetencje matematyczne uczniów realizujących treści zawarte w zakresie rozszerzonym umożliwią opis ilościowy drgań.

Wykorzystanie kalkulatorów w edukacji

P. Piskorski

Ekspert Casio

Kalkulator na egzaminie

W tym roku, podczas egzaminu maturalnego w nowej formule z fizyki i z chemii, po raz pierwszy zostały dopuszczone do użytku kalkulatory naukowe. Uczniowie podczas pisania egzaminu mogą posługiwać się więc dość zaawansowanym narzędziem. Na ocenę efektów tej decyzji będzie trzeba poczekać kilka lat, ale już dziś możemy posłużyć się doświadczeniami innych krajów. Wprowadzenie kalkulatorów będzie uzasadniało zmiany, a co najmniej dużej korekty wymagań egzaminacyjnych i sposobu ich sprawdzania. Wynika to nie tylko z rachunku czasu, jaki uczeń będzie poświęcał na prowadzenie obliczeń, ale także innych możliwości jakie posiada to urządzenie np. dzięki możliwości rozwiązywania równań wielomianowych czy układów równań nie tylko skraca się czas rozwiązania, ale także pojawia się konieczność modyfikacji zapisu rozwiązania opracowywanego zadania oraz wymagań co do prezentacji i dokładności wyniku. Dlatego należy przewidywać, że w dalszej kolejności uznamy sensowność zmiany zadań i ich oceny oraz formułowania klucza. Uważam to za wyzwanie stojące przed dydaktykami fizyki i pomiarowcami, do którego powinniśmy się dobrze przygotować.

Kalkulatory naukowe na lekcji

Powszechna opinia mówi, że kalkulatory służą do obliczania. Jest to opinia oparta o dawne proste kalkulatory i zupełnie nie oddająca możliwości jakie stwarzają nowoczesne urządzenia. Współczesne naukowe kalkulatory kryją w sobie dużo różnych funkcjonalności nie tylko matematycznych. Z doświadczenia wynika, że funkcjonalność całego urządzenia nie jest prostą sumą składowych jego możliwości. W tym przypadku z połączenia różnych modułów otrzymujemy dodatkowe zastosowania. Dlatego powszechna w wielu szkołach opinia, że wystarczy na jakiś czas przed egzaminem „zapoznać się” z kalkulatorem naukowym jest opinią błędną. Z moich doświadczeń wynika, że dla poprawnego, sprawnego, kompetentnego, wykorzystującego zalety kalkulatora dla ucznia powinna być to codzienna i naturalna pomoc. Z drugiej strony uczeń potrzebuje wsparcia w nauczycielu znającym możliwości i zastosowania kalkulatorów. W tym celu warto wspomóc nauczycieli prowadząc kursy używania kalkulatorów naukowych i pokazując im dobre praktyki w tym zakresie.

Skutkiem takiego podejścia jest możliwość zmiany obrazu fizyki szkolnej. Obecnie jest to przedmiot teoretyczny uatrakcyjniony nielicznymi doświadczeniami. W niedalekiej przyszłości możliwe będzie przeprowadzenie projektu o charakterze badawczym prowadzącym do zbudowania prostego modelu opisującego badane zjawisko. Wskazane będą zmiany podejścia do przedmiotu opisanego w programach nauczania, większa elastyczności organizacji szkoły, innych wymagań edukacyjnych. Brzmi to jak

opowiadanie science fiction, ale taką zmianę obserwowałem w kilku zaprzyjaźnionych szkołach – niestety jeszcze nie w Polsce. Gdyby udało się dążyć w tym kierunku, zmieniałby się także odbiór fizyki szkolnej jako odbicia dziedziny naukowej.

Horyzont czasowy możliwych zmian

Nie podejmuję się przepowiadania przyszłości, tym bardziej przyszłości Polskiej edukacji. Zmiany na świecie, w nauce, technice, sposobie i stylu poznania niesamowicie przyśpieszyły. Szkoła, nauczanie w szkole – styl, zakres wiedzy, sposób i zakres wymagań ewoluują dużo wolniej niż technologia i potrzeby otoczenia. Jest to zarówno siła jak i słabość szkolnictwa. Ewolucja i stabilność w edukacji są ważne, ale pozostawanie w miejscu odrywa nauczanie od potrzeb jakie niesie ze sobą życie. Aby ewolucja mogła postępować jej początkiem powinni być nauczyciele. Dlatego pierwszym etapem jest wyposażenie pedagogów w wiedzę, techniki stosowania i znajomość dobrych praktyk. Ta reguła rozpoczęcia tego procesu dotyczy każdej zmiany nie tylko w edukacji. Drugi etap to refleksja dydaktyczna i wprowadzanie niezbędnych zmian w nauczaniu, ale także uelastycznienia organizacji szkoły. Ostatni etap to analiza egzaminów i zmiana wymagań, sposobu formułowania zagadnień egzaminacyjnych i oceniania ich. Poprzednią zmianę matur mieliśmy osiem lat temu. Jak widać jest to proces opisany na lata.

Dopasowanie prostej do punktów z niepewnościami dla obydwu współrzędnych. Nowe wyniki dla problemu zapoczątkowanego w XIX wieku

A. Zięba

*Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej,
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail: andrzej.zieba@fis.agh.edu.pl*

Stosując metodę najmniejszych kwadratów, nie zawsze pamiętamy o założeniu, że niepewnościami $u(y_i)$ obarczona jest tylko zmienna zależna. Przypadek niezerowych niepewności dla obydwu współrzędnych (ang. *Errors-in-Variables*) budził mało uwagi. Tematem referatu jest uogólnienia metod: OLS (ang. *Ordinary Least Squares*) oraz WLS (ang. *Weighted Least Squares*) na przypadek $u(x_i) > 0$. Przedstawię spójną prezentację wyników znanych i rezultaty własne.

Model statystyczny problemu. Wariancja efektywna

Dla standardowego dopasowania prostej wartości zmiennej zależnej modeluje wzór

$$y_i = a_0 x_i + b_0 + e_{y,i}, \quad (1)$$

w którym parametry a_0 i b_0 określają „prawdziwą” prostą (nieznaną w eksperymencie), zaś składnik $e_{y,i}$ modeluje błąd przypadkowy zmiennej zależnej.

Gdy wartości x_i są ponadto obciążone błędami $e_{x,i}$, model przybiera postać

$$y_i = a_0(x_{0,i} + e_{x,i}) + b_0 + e_{y,i}. \quad (2)$$

Składnik $a_0 x_{0,i} + b_0$ jest deterministyczny, natomiast $a_0 e_{x,i} + e_{y,i}$ oznacza nową zmienną losową. Modele (1) i (2) mają te same właściwości stochastyczne, o ile zmiennej y_i we wzorze (1) przypiszemy wariancję efektywną

$$\text{Var}(y_i) = a_0^2 \text{Var}(e_{x,i}) + \text{Var}(e_{y,i}). \quad (3)$$

Punkty o różnych niepewnościach – uogólnienie metody WLS

Wyprowadzenie Reeda [1] równania (4) polegało na uproszczeniu pseudo-kubicznego równania Yorka [2]. Elementarne wyprowadzenie obejmuje następujące kroki:

- (i) efektywne wariancje przybliżamy jako niepewności efektywne:

$$u_{\text{eff}}(y_i) = [a^2 u^2(x_i) + u^2(x_i)]^{1/2}$$

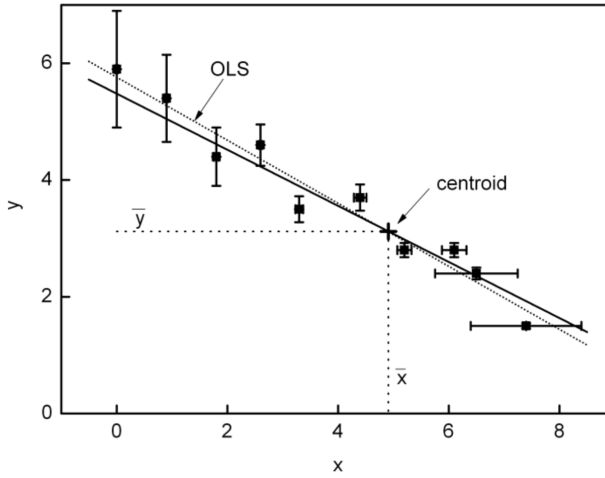
i wykorzystujemy do zdefiniowania wag funkcji kryterialnej $M(a, b)$ metody WLS,

- (ii) warunek $\partial M(a,b)/\partial b = 0$ można rozwiązać analitycznie, co redukuje problem do poszukiwania minimum funkcji jednej zmiennej $M(a)$,
- (iii) warunek $\partial M(a)/\partial a = 0$ prowadzi do równania pseudo-kwadratowego

$$a = \frac{\sum (y_i - \bar{y})[(x_i - \bar{x}) + aC(y_i - \bar{y})]}{\sum (x_i - \bar{x})[(x_i - \bar{x}) + aC(y_i - \bar{y})]}, \quad (4)$$

w którym $\bar{x}$ oraz $\bar{y}$ oznaczają średnie ważone.

Równanie (4) rozwiązuje się metodą iteracyjną. Dla przykładowych danych (Rysunek 1) punktem startowym jest $a = -0.5396$ z metody OLS; kolejne iteracje dają: -0.4602 ; -0.4812 ; -0.4804 ; i -0.4805 .



Rysunek 1: Dopasowanie OLS i dopasowanie prawidłowe (linia ciągła) dla przykładowych danych

Punkty równoważne – uogólnienia metody OLS

Gdy niepewności są te same dla każdego punktu ale $u(x) \neq u(y)$, mamy dopasowanie Deminga (DR – od *Deming Regression*). Najprostszy jest model dopasowania ortogonalnego (OR – od *Orthogonal Regression*) dla którego $u(x) = u(y)$. Wzór na nachylenie prostej dla OR podał Adcock [3],

$$a = D \pm \sqrt{D^2 + 1}, \quad D = \frac{S_{yy} - S_{xx}}{2S_{xy}}, \quad (5)$$

gdzie

$$S_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2, \quad S_{yy} = \sum (y_i - \bar{y})^2, \quad S_{xy} = \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}). \quad (6)$$

Natomiast niepewność nachylenia,

$$u^2(a) = \frac{M}{n-2} \frac{(1+a^2)(S_{xx} + S_{yy})}{(S_{xx} - S_{yy})^2 + 4S_{xy}^2}, \quad (7)$$

wyprowadził Petrolini [4] – ponad sto lat później.

Omówione też zostanie znaczenie formalizmu dla danych o różnym stopniu rozrzutu.

Podziękowania

Dziękuję Cameronowi Reed’owi za użyteczną korespondencję. Temat opracowałem dla przygotowanego podręcznika analizy danych [5].

Bibliografia

- [1] Reed B. C., Am. J. Phys. 60, 59 (1992).
- [2] York D., Can. J. Phys. 44, 1079 (1966).
- [3] Adcock R. J., Analyst 5, 53-54 (1878).
- [4] Petrolini A., Am. J. Phys. 82, 1178 (2014).
- [5] Zięba A., Analysis of Experimental Data in Science and Technology, Cambridge Scholar Publishing, Newcastle, UK (2023).

Wyzwania, przed jakimi stoją uczniowie, studenci oraz nauczyciele przedmiotów ścisłych w kontekście nauczania osób ze specjalnymi potrzebami

P. Kamiński

*Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki,
Uniwersytet Gdański,
ul. Wita Stwosza 57, 80-308 Gdańsk
e-mail: patryk.kaminski@ug.edu.pl*

Osoby ze specjalnymi potrzebami, zarówno fizycznymi, jak i psychicznymi w ostatnich latach coraz śmielej uczestniczą we wszystkich obszarach życia społecznego i gospodarczego. Poprzez burzenie barier architektonicznych i komunikacyjnych coraz więcej miejsc publicznych staje przed nimi otworem. W sklepach wprowadzane są specjalne godziny dedykowane osobom z nadwrażliwościami dźwiękowo-wzrokowymi, podczas których komunikaty i melodie płynące z głośników są spokojniejsze i cichsze. W muzeach i wystawach prezentowane treści poddawane są obróbce, umożliwiające odbiór zarówno przez osoby z dysfunkcją narządu wzroku, jak i słuchu. Nastąpiła zmiana w społeczeństwie, które stało się otwarte i tolerancyjne. Te wszystkie działania podejmowane są po to, by osoby z różnymi niepełnosprawnościami mogły w pełni korzystać z możliwości, jakie daje im współczesny świat.

Nie inaczej dzieje się na polu edukacji. Pojawienie się możliwości technicznych, a przede wszystkim otwartość społeczeństwa oraz samych osób z niepełnosprawnościami sprawiają, że w szeregach studentów przybywa osób ze specjalnymi potrzebami. Ten trend widać na większości uczelni wyższych i z roku na rok przybiera on na sile, co zostanie omówione na wybranych przykładach.

Ta tendencja stawia coraz to nowe wyzwania przed instytucjami i osobami zaangażowanymi w organizację kształcenia. Najważniejszy *challenge* to konieczność odpowiedniego przygotowania kadry do kształcenia osób ze specjalnymi potrzebami. Inaczej uczy się bowiem osoby z dysfunkcjami natury fizycznej czy sensorycznej, a inaczej psychicznej. By odpowiednio dotrzeć do studenta i w przystępny sposób przekazać mu wiedzę, należy przede wszystkim zrozumieć jego możliwości i wyjść im naprzeciw. Zagadnienie to zostanie omówione na przykładzie kształcenia osoby z dysfunkcją narządów ruchu, osoby z dysfunkcją narządu wzroku oraz osoby zgłaszającej problemy natury psychicznej.

Nie każdy nauczyciel gotowy jest na podjęcie tego wysiłku, nie każdy ma odpowiedni poziom empatii i zrozumienia, na koniec nie każdy ma możliwości, by tak przygotować swój warsztat dydaktyczny, żeby sprostać tak wysokim wymaganiom, jak edukacja osób z niepełnosprawnościami. Niewątpliwie dla tych, którzy podejmują to wyzwanie, jest to satysfakcjonujące i rozwijające.

Wirtualne laboratoria fizyczne w edukacji szkolnej i wyższej

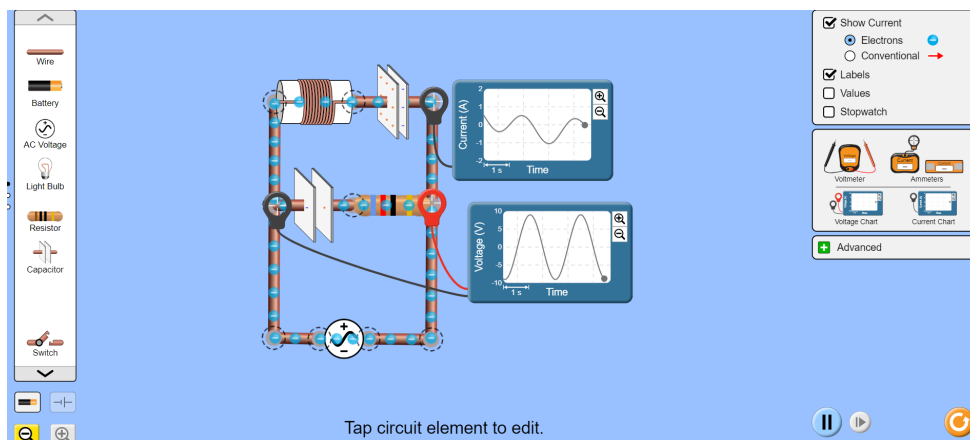
G. Bergmański

*XI Liceum Ogólnokształcące w Olsztynie,
ul. Kołobrzeska 9, 10-444 Olsztyn,
<http://cyfroweszkoly.pl>
e-mail: gbergmanski@cyfroweszkoly.pl*

Laboratorium fizyczne to jedno z kosztowniejszych laboratoriów szkolnych. W jaki sposób dyrektorzy szkół mogą zapewnić badania fizyczne w laboratoriach szkolnych w czasach gdy zastanawiają się jak wydać pieniądze z puli do dyspozycji? Laboratoria przyrodnicze w szkołach obecnie przeżywają zapaść, można w nich spotkać przyrządy jeszcze z lat 50. ubiegłego wieku. Jeszcze gorzej jest w szkołach w małych powiatach. W podstawie programowej z fizyki występuje natomiast ponad 100 doświadczeń i ponad 50 doświadczeń obowiązkowych, które nauczyciele powinni zrealizować. Część doświadczeń nie może być nawet zrealizowana z powodów bezpieczeństwa ucznia i innych ograniczeń. W obecnych czasach jednak łatwiej jest wyposażyć szkołę w technologię dostępu do Internetu. A to nie tylko zmora wszystkich nauczycieli lecz również potężne narzędzie umożliwiające nam korzystanie z laboratoriów wirtualnych. Mam okazję pracować w jednej z takich szkół w Polsce [1], w której uczniowie na zajęciach mogą korzystać z 200 tabletów w celu wykonywania różnych zadań dydaktycznych, testów i laboratoriów (Rysunek 1).

Niestety zintegrowanych polskich laboratoriów internetowych nie ma wcale. Jedynie godne uwagi znalezione w sieci obejmujące wszystkie dziedziny nauk przyrodniczych jest w języku angielskim stworzona na Uniwersytecie Kolorado [2]. Narzędzie to zostało stworzone z myślą zarówno o uczniach szkół podstawowych, średnich ale i wyższych. Również podręczniki wydawnictw dla edukacji opierają się częściowo na doświadczeniach z powyższej platformy. Wiele stron w języku polskim zawiera dużo informacji podstawowych i rozszerzonych z wybranych dziedzin wraz z testami końcowymi dla uczniów. Jedną z nich jest Zjednoczona Platforma Edukacyjna zawierająca informacje „encyklopedyczne” ze wszystkich poziomów edukacji [3].

Jestem przekonany, że niezbędne jest stworzenie wirtualnego laboratorium spełniającego wymogi podstawy programowej ale również spełniającego oczekiwania uczniów i nauczycieli, by mimo braków sprzętu laboratoryjnego będą mogli w ciekawy sposób odkrywać zjawiska przyrodnicze.



Rysunek 1: Przykładowe laboratorium obwodów RLC [2]

Podziękowania

Autor pragnie podziękować za wsparcie i za możliwość uczestniczenia w 48. Zjeździe Fizyków Polskich Panu Dyrektorowi XI LO w Olsztynie Januszowi Krzysztofowi Rączkiewiczowi.

Bibliografia

- [1] <http://www.cyfroweszkoly.pl>
- [2] <http://phet.colorado.edu/>.
- [3] <https://zpe.gov.pl/>

Pogotowie Przedmaturalne z Fizyki na UMCS w Lublinie

M. Warda

*Institut Fizyki,
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie,
pl. M. Curie-Skłodowskiej 1, 20-031 Lublin
e-mail: michal.warda2@mail.umcs.pl*

Instytut Fizyki Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie od lat organizuje dla maturzystów bezpłatny kurs powtórzeniowy z fizyki. Kurs ma na celu usystematyzowanie wiedzy uczniów i zwrócenie uwagi na najtrudniejsze elementy wymagań egzaminacyjnych. W trakcie kursu zwracamy uwagę na typowe problemy pojawiające się w zadaniach maturalnych oraz sposoby rozwiązywania tych zadań, które sprawiają uczniom najwięcej kłopotów. Nasz krótki kurs nie zastąpi systematycznej nauki, ale pomoże maturzystom w powtórce materiału i przygotowaniu się do egzaminu dojrzałości.

Prowadzimy dwa rodzaje kursów: stacjonarny i zdalny. Kurs stacjonarny trwa 5 dni i odbywa się w trakcie ferii zimowych. Każdego dnia uczniowie słuchają wykładu połączonego z pokazami, pracują nad różnymi zadaniami w małych grupach i samodzielnie wykonują doświadczenia z optyki i układów elektrycznych. Maturzyści zwiedzają też pracownie naukowe i dydaktyczne Instytutu Fizyki UMCS w Lublinie. Kurs stacjonarny jest współorganizowany przez Stowarzyszenie Lubelskie Towarzystwo Edukacyjno-Naukowe LuTEN i Oddział Lubelski PTF.

Kurs zdalny został uruchomiony w trakcie pandemii COVID. Docieramy z nim do uczniów z całej Polski, dlatego mimo zniesienia obostrzeń sanitarnych postawiliśmy kontynuować jego prowadzenie. Zajęcia zdalne organizujemy jako cykl spotkań on-line, odbywających się w soboty przez około 2 miesiące na początku roku. Każdy z działów fizyki jest podzielony na wykład, omawiający wymagania maturalne oraz odbywające się tydzień później omawianie sposobów rozwiązywania wybranych zadań na poziomie maturalnym. Kurs zdalny jest finansowany z budżetu państwa w programie „Społeczna odpowiedzialność nauki. Popularyzacja nauki i promocja sportu” w ramach grantu „Ucz się z MaFiI-ą 3”.

Informacje o kursie można znaleźć na stronie internetowej:

<https://archimedes.umcs.pl/>

oraz na Facebooku:

<https://www.facebook.com/pogotowieprzedmaturalne/>



Rysunek 1: Logo Pogotowia Przedmaturalnego z Fizyki

Nazwa Pogotowie Przedmaturalne z Fizyki oraz logo z symbolem karetki są zastrzeżonymi znakami towarowymi.

Coroczne duże zainteresowanie Pogotowiem Przedmaturalnym z Fizyki oraz pozytywne opinie w anonimowych ankietach, wypełnianych przez uczestników na koniec kursu, utwierdzają nas w przekonaniu o dobrej jakości kursu i potrzebie dalszego organizowania powtórki do matury w tej formie.

Spontaniczne łamanie symetrii: tekstury w przyrodzie, sztukach plastycznych i muzyce

P. Zieliński

*Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk,
ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków,
e-mail: piotr.zielinski@ifj.edu.pl*

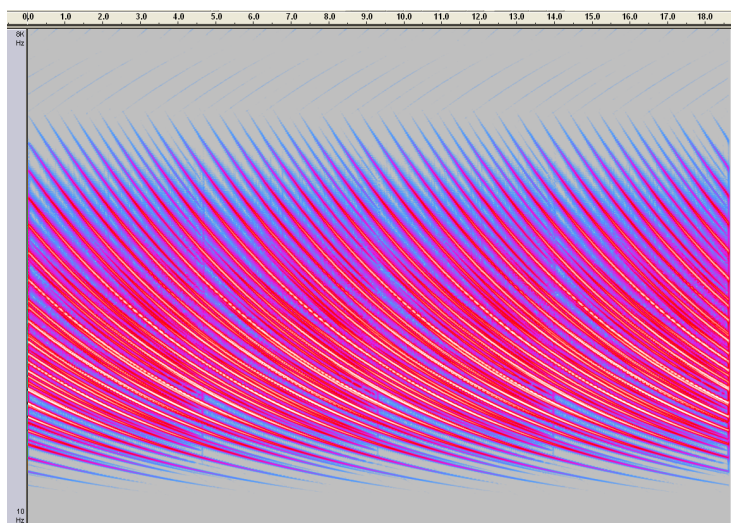
Zasada Curie: „elementy symetrii przyczyn muszą się odnajdować w skutkach” [1], jest uważana za podstawę powstawania domen ferroicznych lub, bardziej szczegółowo, tekstur ferroelastycznych [2], ciekłokrystalicznych [3] i innych. Teoria grup daje tu cenne wskazówki co do geometrii domen i ich granic, gdy zjawisko może być traktowane jako skutek spontanicznego łamania symetrii. Zostanie zademonstrowany model, ilustrujący to spontaniczne łamanie symetrii (Rysunek 1), pozwalający na refleksję nad obszarem stosowalności zasady Curie [4].



Rysunek 1: Model spontanicznego łamania symetrii zwierciadlanej względem pionowej płaszczyzny połowiącej tablicę [5]

Niekiedy pojęcie grupy musi być rozszerzone do półgrupy lub grupoidu [6]. Intrygujące jest także samopodobieństwo, tj. niezmienniczość względem zmiany skali, obserwowana m.in. w teksturach ciekłokrystalicznych. Kiedy do elementów symetrii dołączymy zamianę składowych harmonicznych sygnału na podharmoniczne (w muzyce „inwersja”), skalowanie czasu lub odwrócenie strzałki czasu, zamianę głosów itp., uzyskamy narzędzia opisu tekstur muzycznych [7].

Zostaną zaprezentowane przykłady dźwiękowe, ilustrujące te zjawiska w znanych dziełach muzycznych, a także zjawiska możliwe do uzyskania za pomocą elektronicznej syntezy dźwiękowej, m.in. przejście od struktury rytmicznej do wrażenia wysokości dźwięku przy skracaniu okresu sygnału oraz efekty zmiany skali czasu w sygnałach samopodobnych (Rysunek 2).



Rysunek 2: Spektrogram sygnału sprawiającego wrażenie nieskończonego opadania dźwięku (ton Sheparda), przydatny do dyskusji sygnałów samopodobnych

Referat ma charakter interdyscyplinarnej prezentacji możliwości narzędzi fizyki w analizie obrazów, dźwięków i dzieł muzycznych.

Bibliografia

- [1] Curie P., Sur la symétrie dans les phénomènes physiques, symétrie d'un champ électrique et d'un champ magnétique, J. Phys. Theor. Appl. 3, 393-415 (1894).
- [2] Moskwa M., Sobieszczky P., Mikurenda J. W., Zieliński P., Rok M., Improper ferroelastic phase transition in a hydrogen-bonded metallocyanide-based (azetidinium)₂(H₃O)[Co(CN)₆] framework, Chem. Commun. 59, 5535-5538 (2023).
- [3] Drzewicz A., Jasiurkowska-Delaporte M., Juszyńska-Gałazka E., Deptuch A., Gałazka M., Zając W., Drzewiński W., On relaxation and vibrational dynamics in the thermodynamic states of a chiral smectogenic glass-former, Phys. Chem. Chem. Phys. 24, 4595-4612 (2022).
- [4] Castellani E., Ismael J., Which Curie's Principle? Philos. Sci. 83, 1002-1013 (2016).
- [5] Zieliński P., Spontaniczne łamanie symetrii w historycznym procesie kształtowania się systemu tonalnego, Informacyjna koncepcja przestrzeni dzieła muzycznego, Stańczyk A. (red.), Wydawnictwo Tarnowskiej Szkoły Wyższej Akademii Sztuk Stowarzyszonych (2022).
- [6] Nespolo M., Souvignier B., Stöger B., Groupoid description of modular structures, Acta Cryst. A76, 334-344 (2020).
- [7] Zieliński P., Spatial and temporal symmetries in arts and in music, in Symmetry and Structural Properties of Condensed Matter, Lulek T., Lulek B., Wal A. (eds.), World Scientific (2001).

Wiek XX wiekiem elektroniki – początki: lampa elektronowa

R. J. Barczyński

*Institut Nanotechnologii i Inżynierii Materiałowej,
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: jbarcz@pg.edu.pl*

Zostanie omówiony podstawowy element elektroniki pierwszej połowy XX wieku – lampa elektronowa.

Będą dzieje wynalazku, spektakularne zastosowania, najciekawsze typy lamp. Wszystko umieścimy w szerszym kontekście rozwoju dziedziny wiedzy, która początkowo nazywała się radiotechniką, później radioelektroniką by w końcu stać się znaną nam elektroniką.

O błędnym używaniu i nadużywaniu terminologii z zakresu nauk ścisłych

J. Rybicki

*Instytut Nanotechnologii i Inżynierii Materiałowej,
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: jaroslaw.rybicki@pg.edu.pl*

Język potoczny nie jest precyzyjny. Dzięki wieloznaczności i synonimiczności słów istnieje literatura piękna i poezja. W języku potocznym nie dziwi też na przykład pojawiająca się w krzyżówkach sekwencja typu: „x poziomo: moc, siła”, a pasuje „energia”. W naukach ścisłych potrzebny jest jednak język precyzyjny w najwyższym stopniu, a poszczególne terminy powinny być używane ściśle zgodnie ze swoim znaczeniem.

Chciałbym przytoczyć kilka przykładów nadużywania terminologii naukowej przez znanych i cenionych filozofów, socjologów, psychiatrów czy psychologów, m.in.: Jacquesa Lacana, Julii Kristevę, Luce Irigaray, Bruno Latoura, Jeana Baudrillarda, Gillesa Deleuze, Felixa Guattariego czy Paula Virilio. Nie negując dorobku naukowego tych autorów w zakresie ich specjalności, stanowczo trzeba skrytykować, a nawet potępić (nad)używanie przez nich terminów fizycznych czy matematycznych, których znaczenia ewidentnie nie rozumieją, snują mętne i niczym nie uzasadnione analogie, a często chcą po prostu popisać się swoją rzekomą erudycją. Można się domyślać, że owa „erudycja” wynika z przeczytania kilku książek popularnonaukowych. O ile sama fascynacja niektórych humanistów naukami ścisłymi, a nawet szczerzy podziw dla nich, jest godna pochwały, to podręczniki fizyki teoretycznej nie stanowią jednak zbioru ładnie brzmiących fraz do swobodnego cytowania – jak z Iliady czy Boskiej Komedii. Relatywizm epistemologiczny prowadzi do absurdów.

Współczesna teoria nisko-energetycznej fizyki jądrowej w Polsce

M. Kowal

*Zakład Teorii,
Narodowe Centrum Badań Jądrowych,
ul. A. Soltana 7/3, 05-400 Otwock*

Omówię tematy badawcze, związane z teoretycznym opisem dynamiki i struktury jądra atomowego niskich energii jakie rozwija się obecnie w polskich jednostkach naukowych.

Jak zobaczymy, badane zagadnienia koncentrują się głównie wokół:

- problemu rozszczepienia i syntezy jądra atomowego oraz jego strukturalnych własności;
- rozwijania nowych zaawansowanych metod wielo-ciałowych, opartych o nowoczesne funkcjonały gęstości;
- możliwości występowania egzotycznych symetrii w układach jądrowych i wynikających z nich podstawowych prawach dla obiektów mikroświata;
- zrozumienia intrygującej fizyki jąder super-ciężkich w szczególności przewidywań prawdopodobieństw syntezy nowych pierwiastków.

Ponieważ, współczesne rachunki wymagają olbrzymich mocy obliczeniowych przedstawię zasoby (super-)komputerowe jakimi dysponujemy obecnie w kraju.

W trakcie wykładu omówię najważniejsze osiągnięcia i wnioski jakie z tych rachunków/analiz uzyskano w ostatnich latach.

Panorama egzotycznych wzbudzeń jąder atomowych

M. Kmiecik

*Instytutu Fizyki Jądrowej
Polskiej Akademii Nauk w Krakowie,
ul. W. Eljasza-Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków*

Badania stanów wzbudzonych jąder atomowych oraz ich rozpadów stanowią ważne narzędzie, służące do poznawania właściwości materii jądrowej oraz cech jąder takich, jak np. ich struktura czy kształt. Stany wzbudzone powstają w wyniku przekazania do jądra nadmiarowej energii podczas reakcji jądrowej. Przykładem takiego procesu może być nieelastyczne rozpraszanie, prowadzące do wzbudzeń jąder wywołanych na stanie podstawowym czy reakcja fuzji-wyparowania, w wyniku której powstaje gorące jądro złożone o dużej energii wzbudzenia. Następnie, podczas rozpadu stanu wzbudzonego, nadmiarowa energia jest unoszona przez emitowane w tym procesie kwanty gamma, neutrony lub cząstki naładowane, a ich pomiar dostarcza informacji o właściwościach tego stanu.

Pomiary prowadzone przez polskich fizyków odnoszą się zarówno do wzbudzeń jąder w stanach podstawowych, jak i wzbudzeń prowadzących do gorących jąder złożonych. W szczególności dotyczą badań rozpadu poprzez emisję kwantów gamma takich egzotycznych wzbudzeń, jak gigantyczne rezonanse jądrowe, opisywane jako kolektywne vibracje wszystkich neutronów i protonów w jądrze, czy „pigmejskie” rezonanse, interpretowane jako drgania nadmiarowej „skórki” neutronowej względem rdzenia z pozostałych nukleonów, a także wysokoenergetyczne „rozciągnięte” stany rezonansowe w lekkich jądrach.

W swoim wystąpieniu przedstawię wyniki najnowszych badań, prowadzonych przez polskie grupy w tej dziedzinie. Przede wszystkim zaprezentuję rezultaty pionierskich pomiarów wykonanych w Centrum Cyklotronowym Bronowice IFJ PAN w Krakowie, gdzie od kilku lat, oprócz terapii protonowej, prowadzone są badania fizyki jądrowej.

Studium deformacji jądrowych narzędziami spektroskopii gamma

K. Hadyńska-Klęk

*Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów,
Uniwersytet Warszawski,
ul. Pasteura 5A, 02-093 Warszawa*

Współczesna fizyka jądrowa próbuje znaleźć odpowiedzi na fundamentalne pytania, dotyczące podstawowych praw rządzących światem w mikroskali i sił wiążących otaczającą nas materię, budujących również nas samych. Wśród nich są zagadnienia dotyczące charakteru krótkozasięgowych oddziaływań silnych, genezy rozpadów promieniotwórczych czy też występowania stabilnych i radioaktywnych izotopów we Wszechświecie.

Działalność polskich fizyków w dziedzinie współczesnej spektroskopii jądrowej koncentruje się na badaniu własności elektromagnetycznych jąder atomowych, na wyznaczeniu stopnia deformacji jądrowej stanów wzbudzonych (będącej konsekwencją oddziaływań silnych, wiążących nukleony w całość i stanowiącą fundamentalną cechę materii jądrowej), na badaniu oddziaływań silnych, efektów jednocząstkowych i wielocząstkowych oraz na konfrontacji wyników eksperymentalnych z obliczeniami, przeprowadzonymi w ramach teoretycznych modeli jądrowych (powłokowych, klastrowych oraz kolektywnych).

Podstawowym narzędziem wykorzystywanym do badania własności elektromagnetycznych jądra atomowego jest spektroskopia dyskretnego promieniowania gamma. Opiera się ona na działaniu wielodetektorowych spektrometrów kwantów gamma. Klasycznie są one zbudowane z pojedynczych detektorów (np. EAGLE w warszawskim Środowiskowym Laboratorium Ciężkich Jonów UW – ŚLCJ UW), jednak obecnie najbardziej wymagające pomiary są wykonywane z wykorzystaniem spektrometrów AGATA (obecnie w INFN LNL, Włochy) oraz GRETINA/GRETA (obecnie w MSU, USA), opartych na przełomowej technologii segmentowanych detektorów germanowych, w których stosuje się algorytmy śledzenia i rekonstrukcji promieniowania gamma (tzw. trackingu). W zależności od badanego zagadnienia, w pomiarach spektroskopii jądrowej wykorzystuje się również pomocnicze detektory dodatkowe, pozwalające na przyglądanie się zjawiskom fizycznym z emisją promieniowania gamma i cząstek naładowanych (np. SPIDER w INFN LNL), czy też neutronów (np. NEDA w ŚLCJ UW).

W trakcie prezentacji omówione zostaną osiągnięcia polskich naukowców z ośrodków naukowych w Warszawie i Krakowie w dziedzinie spektroskopii gamma. Przedstawione będą metody spektroskopowe stosowane przez grupy polskie w dużych laboratoriach zagranicznych (CERN, INFN LNL, GANIL, ANL, ...), jak również w ośrodkach krajowych (ŚLCJ UW w Warszawie oraz Centrum Cyklotronowe Bronowice - CCB IFJ PAN w Krakowie).

Oddziaływania i symetrie badane w reakcjach jądrowych

E. Stephan

*Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych,
Uniwersytet Śląski,
ul. 75. Pułku Piechoty 1, 41-500 Chorzów
e-mail: elzbieta.stephan@us.edu.pl*

Jądra atomowe to obiekty, których zrozumienie wymaga uwzględnienia oddziaływań silnych, elektromagnetycznych i słabych. Oddziaływania silne występują tu w swojej „resztkowej” postaci oddziaływań hadronowych, a najnowsze podejścia teoretyczne wykorzystują do ich opisu teorie efektywne, zgodne z symetriami chromodynamiki kwantowej, w szczególności częściowo łamaną symetrią chiralną. Z kolei jądra atomowe były pierwszym laboratorium badań oddziaływań słabych i ich symetrii w rozpadach beta. Kwestie symetrii oddziaływań są więc nieodłącznym elementem fizyki jądrowej.

Reakcje jądrowe pozwalają na testowanie hamiltonianu jądrowego, mechanizmu reakcji oraz struktury oddziałujących jąder. W przypadku najprostszych układów kilku nukleonów możliwe są dokładne obliczenia teoretyczne obserwabli, więc dane eksperymentalne pozwalają weryfikować obecne podejście do opisu oddziaływań jądrowych. Ma to z kolei znaczenie dla opisu stanu materii jądrowej, w tym nieskończonej asymetrycznej materii jądrowej, czyli gwiazd neutronowych. Podczas wykładu zostanie zaprezentowany status badań reakcji w układach kilku nukleonów, w tym jego odniesienia do badań reakcji w większych układach. Poruszony zostanie także problem badań elektrycznego momentu dipolowego, który ściśle łączy się z poszukiwaniami łamania symetrii.

Wyzwania i nowe możliwości dla polskiej nauki w ośrodku FAIR

P. Salabura

*Instytut Fizyki,
Uniwersytet Jagielloński,
ul. prof. St. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków*

Powstający w Darmstadt w Niemczech ośrodek badań przy pomocy antyprotonów i jonów – Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR) – będzie drugą, po CERN, największą instalacją akceleratorową w Europie. Budowana infrastruktura umożliwi interdyscyplinarne badania w obszarze fizyki cząstek, jądrowej oraz zastosowań w biomedycynie, fizyce atomowej i ciała stałego. Program badawczy będzie realizowany przez ponad dwa tysiące naukowców z całego świata i jest podzielony na cztery filary:

- (i) APPA (Atomic Physics and Applications) - obejmujący badania fizyki atomowej, plazmy i aplikacji wiązek jonów do badań własności materiałów;
- (ii) CBM (Compressed Baryonic Matter) - poświęcony badaniom silnie oddziałującej materii o własnościach podobnych do tych istniejących w zderzeniach gwiazd neutronowych. Ten program badawczy będzie realizowany przy pomocy nowego synchrotronu SIS100 ($B\rho = 100\text{ Tm}$);
- (iii) NUSTAR (Nuclear Structure, Astrophysics and Reactions) - związany z badaniem struktury jąder radioaktywnych, zwłaszcza neutronowo nadmiarowych oraz mechanizmów syntezy ciężkich jąder zachodzących we wszechświecie. Kołem napędowym filaru NUSTAR będzie nowy separator masowy o własnościach przewyższających obecnie istniejące na świecie;
- (iv) PANDA (Proton ANnihilation in Darmstadt) - eksperyment służący do badań struktury hadronów przy pomocy anihilacji protonów z antyprotonami, które są wytwarzane jako wiązki wtórne i gromadzone w pierścieniu akumulacyjnym.

Polska była jednym z inicjatorów powstania FAIR i jest obecnie udziałowcem spółki FAIR wnoszącym istotny wkład finansowy oraz aparaturowy, obejmujący wkłady zarówno do budowanych eksperymentów jak i urządzeń akceleratorowych. Polskie grupy badawcze aktywnie działają we wszystkich filarach FAIR. W czasie prezentacji zostanie omówiony program badawczy FAIR, ze szczególnym uwzględnieniem roli polskich grup oraz stan projektu.

Pierwszy obraz pozytonium mózgu człowieka

P. Moskal

*Zakład Fizyki Jądrowej,
Uniwersytet Jagielloński w Krakowie,
ul. prof. St. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków*

W marcu 2022 roku wykonano pierwsze obrazy czasów życia atomów pozytonium w mózgu człowieka. Obrazy te zostały wykonane na Warszawskim Uniwersytecie Medycznym przez zespół badawczy Jagielloński-PET (J-PET) za pomocą modularnego i przenośnego prototypu tomografu J-PET zbudowanego ze scyntylatorów plastikowych. Pomiary wykonano stosując podejście teranostyczne, polegające na diagnozowaniu pacjenta z nowotworem mózgu za pomocą farmaceutyków znakowanych izotopem ^{68}Ga i jednoczesnym leczeniu farmaceutykiem znakowanym izotopem ^{225}Ac . Wykonane obrazy są zwieńczeniem kilkunastu lat rozwoju technologii J-PET [1] i otwierają nowy, atrakcyjny z punktu widzenia fizyki medycznej, etap badań klinicznych [2].

Modularny i składany PET jest najnowszej generacji prototypem tomografu J-PET, pozwalającym na obrazowanie dwu i wielo-fotonowe [2, 3, 4]. Jest to pierwszy tego typu tomograf na świecie.

Obrazowanie pozytonium to również metoda wynaleziona na Uniwersytecie Jagiellońskim [5, 6, 7], która umożliwia wytwarzanie obrazów właściwości atomów pozytonium (atomów złożonych z elektronu z tkanki oraz pozytonu emitowanego przez znacznik izotopowy) powstających w wolnych przestrzeniach wewnątrz-molekularnych w ciele człowieka w trakcie tomografii PET [8, 9, 10]. Metoda ta wymaga jednoczesnej rejestracji co najmniej trzech fotonów gamma. Obecnie obrazowanie pozytonium jest unikalną cechą tomografu J-PET. Wykorzystanie tego zjawiska stwarza nowe możliwości dla diagnostyki medycznej. Na przykład, średni czas życia pozytonium wewnątrz tkanek zależy od wielkości wolnych przestrzeni między atomami oraz od koncentracji wolnych rodników w komórkach i może posłużyć jako nowy wskaźnik (bio-marker) do wyznaczania stopnia natlenienia i określenia złośliwości nowotworów *in vivo* [9].

Dzięki zastosowaniu organicznych scyntylatorów plastikowych, technologia J-PET umożliwia budowanie tomografów PET wielokrotnie taniej niż obecnie stosowana technologia, oparta o nieorganiczne kryształy. Obecnie zespół J-PET pracuje nad zbudowaniem tomografu J-PET do jednoczasowego obrazowania całego ciała człowieka [2, 3, 10]. Tomograf ten będzie stanowił jedno z głównych urządzeń w Centrum Teranostyki powstałym jako projekt flagowy Uniwersytetu Jagiellońskiego. Dostęp do takiego urządzenia otworzy nowe możliwości badań w medycynie, w tym np. (i) badań farmakokinetyki nowych związków czy wiązania leków na poziomie tkankowym w układzie *in vivo*, (ii) wykrywania stopnia złośliwości nowotworów *in vivo*; (iii) bada-

nia nad chorobami metabolicznymi i przewlekłymi na poziomie komórkowym i tkan-
kowym.

Na wykładzie omówione zostaną: zasada działania tomografu J-PET i metoda ob-
razowania pozytonium. Przedstawione zostaną pierwsze obrazy PET wykonane tomo-
grafem J-PET oraz pierwsze obrazy pozytonium. Przedstawione będą także możliwo-
ści monitorowania zasięgu wiązki protonowej w trakcie leczenia nowotworów i wstępne
wyniki uzyskane przy naświetlaniu fantomów terapeutyczną wiązką protonów w Cen-
trum Cyklotronowym Bronowice. Omówione zostaną perspektywy budowy w Polsce
tomografu J-PET na całe ciało człowieka i możliwości jego wykorzystania w Centrum
Teranostyki Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Bibliografia

- [1] Moskal P., Patents: Nos. PL 218733 (2009), US 8,969,817, EP 2454611, JP 5824773.
- [2] Moskal P., Stępień E., PET Clin. 15, 439 (2020).
- [3] Moskal P. *et al.*, Phys. Med. Biol. 66, 175015 (2021).
- [4] Moskal P. *et al.*, Nat. Commun. 12, 5658 (2021).
- [5] Moskal P. *et al.*, Sci. Adv. 7, eabh4394 (2021).
- [6] Moskal P. *et al.*, Phys. Med. Biol. 64, 055017 (2019).
- [7] Moskal P. *et al.*, EJNMMI Phys. 7, 44 (2020).
- [8] Moskal P., Jasińska B., Stępień E., Bass S., Nat. Rev. Phys. 1, 527 (2019).
- [9] Moskal P., Stępień E. Ł., Bio-Algorithms and Med-Systems 17, 311 (2021).
- [10] Moskal P., Stępień E. Ł., Front. Phys. 10, 969806 (2022).

Uczenie maszynowe w obrazowaniu medycznym: przegląd stanu obecnego i perspektyw

K. Krawiec

*Institut Informatyki,
Wydział Informatyki i Telekomunikacji,
Politechnika Poznańska,
ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań*

Sztuczna inteligencja, a w szczególności uczenie maszynowe i uczenie głębokie, zrewolucjonizowały obrazowanie medyczne w ostatniej dekadzie. Proponowane obecnie algorytmy rutynowo przewyższają ekspertów medycznych w czułości i specyficzności detekcji anomalii, precyzji generowanych estymat, stabilności sugerowanych decyzji czy czasochłonności. Wyniki prac naukowych prowadzonych w tym obszarze coraz częściej pomyślnie przechodzą procesy certyfikacyjne i znajdują zastosowanie w profesjonalnych urządzeniach dostępnych na rynku. Niniejsza prelekcja stanowić będzie przegląd wybranych architektur uczenia maszynowego, zaproponowanych w ostatnich latach dla obrazowania medycznego, ze szczególnym naciskiem na zastosowania w okulistyce. Autor podzieli się także własnymi doświadczeniami w tym zakresie, dotyczącymi m.in. rozwijania algorytmów interpretacji obrazów optycznej tomografii koherencyjnej. Przeprowadzona zostanie także krytyczna analiza ograniczeń współczesnych podejść, czynników ryzyka wynikających z ich stosowania, ich powiązań z naturą fizycznych procesów pozyskiwania danych oraz dyskusja najbardziej obiecujących kierunków dalszego rozwoju, w szczególności uczenia nienadzorowanego, samonadzorowanego oraz modeli przyczynowych.

Obliczeniowa mikroskopia fazowa: metody i zastosowania

M. Trusiak

*Wydział Mechatroniki,
Politechnika Warszawska,
ul. św. A. Boboli 8, 02-525 Warszawa*

Mikroskopia optyczna odgrywa kluczową rolę w rozwoju badań komórek i skrawków tkanek. Techniki fluorescencyjne, bazując na chemicznym znakowaniu preparatów, wprowadzają ryzyko fotochemicznego stresu. Mikroskopia fazowa nieinwazyjnie wykorzystuje endogenne czynniki kontrastowe, jakim jest opóźnienie fazowe, wprowadzane przez próbki biologiczne. Dzięki unikalnym właściwościom otwiera możliwości przyżyciowych badań żywych kolonii komórkowych. Kluczową rolę odgrywa jednak rekonstrukcja numeryczna, która w zasadzie nie jest wykorzystywana w obrazowaniu fluorescencyjnym. Omówię trzy podstawowe techniki mikroskopii fazowej i podstawy działania ich algorytmów rekonstrukcyjnych: cyfrową mikroskopię holograficzną (wykorzystującą głównie promieniowanie koherentne), ptychografię fourierowską (wykorzystującą głównie promieniowanie niekoherentne) i mikroskopię bezsoczewkową (wykorzystującą promieniowanie częściowo koherentne). Podsumowanie wad i zalet zaprezentowanych głównych metod mikroskopii fazowej pozwoli na zarysowanie potencjalnych ścieżek rozwoju.

Miękka materia ziarnista: od metod wytwarzania i samoorganizacji w mikroprzepływach do nowych technologii w inżynierii tkankowej

J. Guzowski

*Instytut Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk,
ul. Kasprzaka 44/52, 01-234 Warszawa*

Gęste emulsje, mikrozele, piany, tkanki – materiały złożone z miękkich, gęsto upakowanych „ziaren” lub „komórek” – dzielą szereg podobnych własności mechanicznych, takich jak lawinowy przepływ czy dynamiczne przejścia typu ciecz-ciało stałe pod wpływem zewnętrznych naprężeń. Pomimo wieloletnich badań nad reologią tego typu materiałów na skali makroskopowej, ich dynamika na skali mikro- lub mezoskopowej pozostaje słabo poznana. Postęp w dziedzinie mikroprzepływów w ostatnich latach umożliwił manipulację i obserwację pojedynczych „ziaren”, otwierając drogę do badań nad materią ziarnistą w ograniczonych geometriach. Zaobserwowano m.in. samoorganizację klastrów o wysokich symetriach [1], włókna kodujące historię reorganizacji [2], jak również dynamiczne mody niestabilności typu Rayleigh’a-Plateau [3] czy przejścia typu kryształ-szkło-ciecz w obrębie pojedynczych agregatów. Klasyfikacja struktur i zasady ich powstawania pozostają przedmiotem intensywnych badań, mających na celu nie tylko zrozumienie dynamiki miękkiej materii ziarnistej jako takiej (w tym np. transportu agregatów komórek nowotworowych przez naczynia włosowate [3]), lecz również w perspektywie wytwarzania uporządkowanych „miękkich” mezo-struktur, w tym porowatych lub bazujących na mikrożelach, jako rusztowań dla inżynierii tkankowej [4]. W istocie, mikro-krople wytwarzane w urządzeniach mikroprzepływowych mają typowo średnicę ok. 100 μm , dzięki czemu doskonale nadają się jako kapsułki do transportu komórek, a następnie – agregowane w większe ziarniste struktury – jako budulec mikro-tkanek lub organoidów. W moim wystąpieniu zaprezentuję ostatnie wyniki prac zespołu Miękkiej Materii Ziarnistej i Inżynierii Tkankowej w ICHF PAN nad kontrolowanym wytwarzaniem ziarnistych mikro-rusztowań dla inżynierii tkankowej oraz nad ich zastosowaniem m.in. w kontrolowanym wytwarzaniu „sztucznych” wysepek trzustkowych, mikro-nowotworów czy naczyń kapilarnych *in vitro*.

Bibliografia

- [1] Guzowski J., Garstecki P., Phys. Rev. Lett., 114, 188302 (2015).
- [2] Guzowski J., Buda R. J., Costantini M., Cwiklinska M., Garstecki P., Stone H. A., Soft Matter 18, 1801-1818 (2022).
- [3] Bogdan M., Montessori A., Tiribocchi A., Bonaccorso F., Lauricella M., Jurkiewicz L., Succi S., Guzowski J., Phys. Rev. Lett. 128, 128001 (2022).
- [4] Costantini M., Guzowski J., Zuk P. J., Mozetic P., De Panfilis S., Jaroszewicz J., Heljak M., Massimi M., Pierron M., Trombetta M., Dentini M., Swieszkowski W., Rainer A., Garstecki P., Barbetta A., Adv. Funct. Mater. 28, 1800874 (2018).

Metody uczenia maszynowego w naukach przyrodniczych

M. Bukowicki¹, A. Kalinowski¹, B. Lesyng¹, Sz. Nowakowski^{1,2},
P. Olbratowski^{1,3}, A. Śliwińska¹

¹ *Projekt IDUB UW - Center for Machine Learning,
Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski,
ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa,
<https://center4ml.idub.uw.edu.pl/>*

² *Wydział Matematyki, Informatyki i Mechaniki,
Uniwersytet Warszawski,
ul. Banacha 2, 02-097, Warszawa*

³ *Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania,
ul. Newelska 6, 01-447 Warszawa*

Od początku bieżącego stulecia obserwujemy intensywny rozwój i metod sztucznej inteligencji (*Artificial Intelligence*, AI) i ich zastosowań w nauce, technologii, administracji i gospodarce. Mamy w istocie rzeczy do czynienia z trzecią rewolucją przemysłową. Metody uczenia maszynowego (*Machine Learning*, ML) stanowią istotny obszar metod AI. ML to dział informatyki poświęcony algorytmom, których celem jest odnajdywanie wzorców w wejściowych zbiorach danych. Proces „uczenia się” polega na minimalizacji zadanej w danym problemie funkcji błędu (*loss function*), która wyznacza jakość predykcji programu na danym zbiorze treningowym. Wystąpienie stanowi krótkie wprowadzenia do świata uczenia maszynowego. Przedstawione i omówione zostaną na przykładach elementarne pojęcia jakie pojawiają się w kontekście uczenia maszynowego [1], patrz również programy workshopów [2].

Strategie ML:

- Uczenie nadzorowane (Supervised learning)
- Uczenie nienadzorowane (Unsupervised learning)

Wybrane architektury modeli:

- Wzmocnione Drzewa Decyzyjne (Decision Trees, DT)
- Sieci neuronowe (Neural Networks, NN)

Środowiska symulacyjne:

- PyTorch
- TensorFlow

Bibliografia

- [1] Hastie T., Tibshirani R., Friedman J., *The Elements of Statistical Learning*, Springer-Verlag (2009).
- [2] „Centrum Uczenia Maszynowego”, Uniwersytet Warszawski, <https://center4ml.idub.uw.edu.pl/>

Głębokie sieci neuronowe w analizie obrazów na przykładzie projektów realizowanych w Centrum Uczenia Maszynowego UW

M. Bukowicki^{1,2}, A. Śliwińska^{1,2}

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

² *Center for Machine Learning, Projekt IDUB UW,
Wydział Fizyki, Pasteura 5, 02-093 Warszawa,
<https://center4ml.idub.uw.edu.pl/>*

Głębokie sieci neuronowe stały się powszechnym narzędziem w analizie obrazów, często używanym do celów naukowych. Podczas wystąpienia omówione zostanie działanie i zastosowania głębokich sieci neuronowych. Wyróżnia się trzy podstawowe zadania wizji komputerowej:

1. klasyfikacja obrazu,
2. detekcja obiektów (wykrycie położenia na obrazie) oraz
3. segmentacja obiektów (określenie konturu obiektów),

z których dwa ostatnie zadania zostaną zilustrowane projektami prowadzonymi w Centrum Uczenia Maszynowego UW.

Detekcja obiektów zostanie przedstawiona na przykładzie zdjęć szalek z koloniami bakteryjnymi, wystawionymi na działanie promieniowania jonizującego. Z wykorzystaniem kilkudziesięciu zdjęć, na zbiorze testowym osiągnięto 2% błąd w liczbie kolonii.

Drugim prezentowanym projektem jest analiza obrazów pochodzących z mikroskopu elektronowego. Zdaniem było wykrycie gran (błoniastych struktur wewnątrz chloroplastów) wraz z określeniem konturów oraz ilościowa charakterystyka ich struktury. Wykorzystane rozwiązanie jest połączeniem głębokich sieci neuronowych użytych do segmentacji zdjęć z klasycznymi metodami przetwarzania obrazu.

Podczas prezentacji przybliżone zostaną ogólnodostępne narzędzia, użyte w zaprezentowanych przykładach i omówione zostaną praktyczne aspekty realizacji projektu z zakresu wizji komputerowej.

Sieci neuronowe w spektroskopii jądrowego rezonansu magnetycznego

E. K. Nawrocka¹, D. Dahan¹, K. Kazimierczuk¹, P. Olbratowski^{2,3}

¹*Centrum Nowych Technologii,
Uniwersytet Warszawski,
ul. Banacha 2c, 02-097 Warszawa*

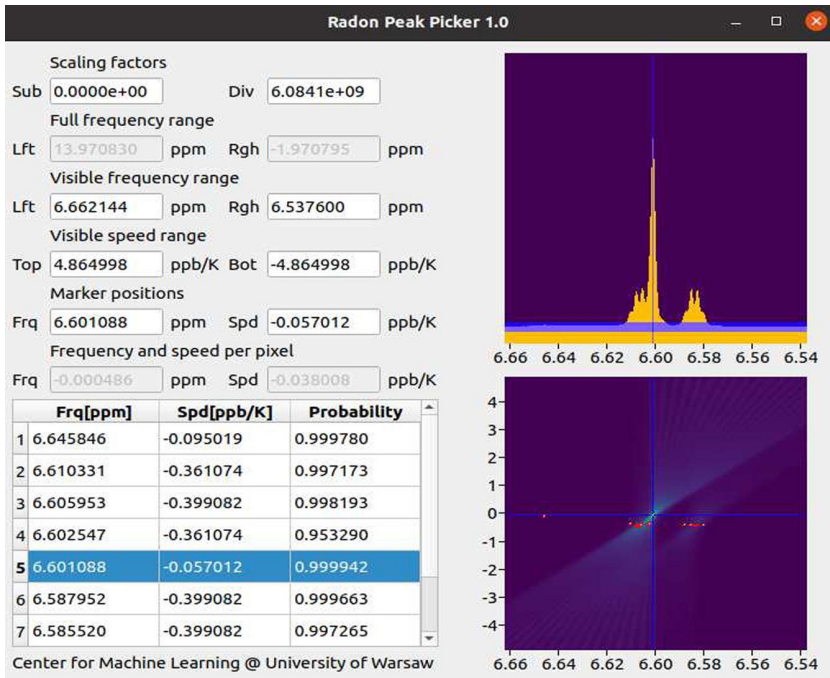
²*Projekt IDUB UW - Center for Machine,
Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski,
ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa,
<https://center4ml.idub.uw.edu.pl/>*

³*Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania,
ul. Nowelska 6, 01-447 Warszawa*

W spektroskopii jądrowego rezonansu magnetycznego pomiary prowadzi się często seriami, zmieniając temperaturę próbki lub inne parametry. Na podstawie takiej serii można utworzyć dwuwymiarowe widmo Radona, które pozwala określić częstotliwości linii widmowych oraz tempo ich zmian z temperaturą lub innymi czynnikami. Identyfikacja linii w widmie Radona nie jest jednak prosta i do tej pory nie powstała tu żadna zadowalająca metoda. Przystosowaliśmy do tego celu [1] konwolucyjną sieć neuronową typu U-Net [2], oryginalnie stworzoną do segmentacji obrazów biomedycznych. Oprogramowanie jest wyposażone w graficzny interfejs użytkownika przedstawiony na Rysunku 1. Wstępne wyniki są obiecujące, widać też rozmaite możliwości udoskonalenia tego podejścia.

Bibliografia

- [1] Nawrocka E. K., Dahan D., Kazimierczuk K., Olbratowski P., Radon peak-picker based on a neural network, *Journal of Magnetic Resonance Open* 12-13, 100083 (2022).
- [2] Ronneberger O., Fisher P., Brox T., U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation, *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention*, 234-241 (2015).



Rysunek 1: Graficzny interfejs programu. Prawa dolna część pokazuje dwuwymiarowe widmo Radona, na którym wykryte piki są zaznaczone na biało. Lista tych pików wraz z wyznaczonymi parametrami jest też widoczna na dole po lewej. Prawa górna część to jednowymiarowe widmo Fouriera używane jako referencja

Zastosowanie metod uczenia maszynowego oraz gruboziarnistej mechaniki i dynamiki molekularnej w badaniach białka biorącego udział w inicjacji cytokinowej burzy COVID-19

A. Łukasik¹, M. Koliński², Sz. Nowakowski^{1,3}, B. Lesyng³

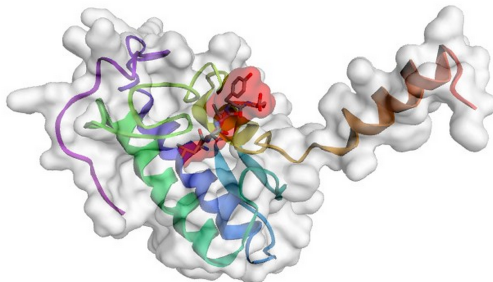
¹ *Wydział Matematyki, Informatyki i Mechaniki,
Uniwersytet Warszawski,
ul. Banacha 2, 02-097, Warszawa*

² *Pracownia Bioinformatyki,
Instytut Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej
Polskiej Akademii Nauk,
ul. Pawińskiego 5, 02-106 Warszawa*

³ *Center for Machine Learning - projekt IDUB UW,
Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski,
ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa,
<https://center4ml.idub.uw.edu.pl/>*

Podczas ciężkiego przebiegu infekcji COVID-19 u pacjentów obserwuje się podwyższoną aktywność fosfolipazy sPLA2-IIA [1] (systematyczna nazwa GIIAPLA2), która jest jednym z elementów inicjujących nadaktywność układu immunologicznego i w rezultacie tzw. burzą cytokinową, odpowiedzialną za ostry stan zapalny. Na poziomie molekularnym enzym ten bierze udział w degradacji fosfolipidów błonowych. Poznany jest dokładny mechanizm działania tego typu enzymów, m.in. z wykorzystaniem niestacjonarnej, kwantowo-klasycznej dynamiki molekularnej [2].

Celem badań było znalezienie inhibitorów tego enzymu. Skoncentrowano uwagę na krótkich oligopeptydach. W badaniach wykorzystano dwie platformy symulacyjne: *AlphaFold2* [3] oraz *CABS-dock* [4], służące odpowiednio: pierwsza – do przewidywania struktury białek na podstawie znajomości sekwencji aminokwasowej z wykorzystaniem metod uczenia maszynowego (ML) oraz druga – umożliwiająca zoptymalizowane dokowanie krótkich białkowych inhibitorów do enzymów włącznie z oszacowaniem energii swobodnej oddziaływania. Przeprowadzone symulacje [5] doprowadziły do wytypowania dwóch efektywnych inhibitorów w/w fosfolipazy o sekwencjach LAIYS, VDIHVWDGV. Wyznaczone i zobrazowane zostały przestrzenne molekularne struktury kompleksów w/w fosfolipazy i jej inhibitorów. Rysunek przedstawia jeden z uzyskanych kompleksów. Przyszłe badania będą polegać na dalszej funkcjonalizacji wytypowanych oligopeptydowych inhibitorów w celu uzyskania ich większej specyficzności, a dalej chemicznej syntezy jak również eksperymentalnego sprawdzenia ich biologicznej aktywności.



Bibliografia

- [1] Pungerčar J., Bihl F., Lambeau G., Križaj I., What do secreted phospholipases A2 have to offer in combat against different viruses up to SARS-CoV-2?, *Biochimie* 189, 40-50 (2021).
- [2] Bała P., Grochowski P., Lesyng B., McCammon J. A., Quantum-Dynamical Picture of a Multistep Enzymatic Process: Reaction Catalyzed by Phospholipase A2, *Biophys. J.* 79, 1253-1262 (2000).
- [3] Jumper J., Evans R., Pritzel A. *et al.*, Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold, *Nature* 596, 583-589 (2021).
- [4] Kurcinski M., Jamroz M., Blaszczyk M., Kolinski A., Kmiecik S., CABS-dock web server for flexible docking of peptides to proteins without prior knowledge of the binding site, *Nucleic Acids Research* 43, 419-424 (2015).
- [5] Łukasik A., Analiza roli fosfolipazy A2 i jej potencjalnych inhibitorów w rozwoju infekcji spowodowanej wirusem SARS-CoV-2, praca magisterska na kierunku Bioinformatyka i Biologia Systemów, Uniwersytet Warszawski, Wydział Matematyki, Informatyki i Mechaniki, Warszawa, Grudzień, 2022.

Silne korelacje elektronowe i niekonwencjonalne nadprzewodnictwo

J. Spałek

*Instytut Fizyki Teoretycznej,
Uniwersytet Jagielloński,
ul. prof. St. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków
e-mail: jozef.spalek@uj.edu.pl*

W referacie omówię w sposób popularny teorię nadprzewodnictwa zaindukowanego silnymi korelacjami między elektronami w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych na bazie miedzi oraz w układach ciężkich fermionów (elektronów) w wybranych związkach z cerem i uranem. Zilustruję zwłaszcza nietrywialną rolę oddziaływań wymiennych w tym przypadku. W wybranych przypadkach przeprowadzono ilościowe porównanie tych wyników teoretycznych z doświadczalnymi. Na końcu przedstawię krótko perspektywę dalszych badań dla związków z niklem i cerem.

Podziękowania

Prace wsparte finansowo przez Narodowe Centrum Nauki, grant OPUS nr UMO-2021/41/B/ST3/04070.

Współpraca: Maciej Fidrysiak, Michał Zegrodnik, Andrzej Biborski.

Nadprzewodnictwo w niecentrosymetrycznych związkach boru MRh_2B_2 i $\text{M Ir}_2\text{B}_2$ ($\text{M} = \text{Nb}, \text{Ta}$)

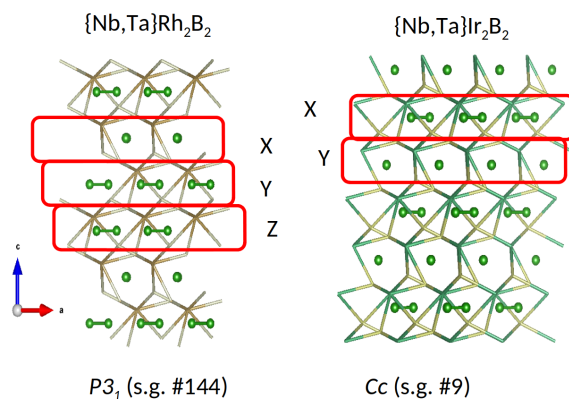
T. Klimczuk^{1,2}

¹ Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

² Centrum Materialów Przyszłości,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

Badania nadprzewodników, w których strukturze brak jest środka symetrii (non-centrosymmetric superconductors, NCS), to z pewnością jeden z bardziej interesujących aspektów fizyki ciała stałego. Pierwszym gruntownie opisanym, ale nie pierwszym odkrytym NCS, był CePt_3Si [E. Bauer, Phys. Rev. Lett. 2004]. CePt_3Si jest nadprzewodnikiem ciężkofermionowym, w którym obserwuje się uporządkowanie antyferromagnetyczne w temperaturze $T_N = 2.2$ K, a następnie przejście do stanu nadprzewodnictwa w $T_c = 0.7$ K. Do dziś zgłoszono ponad 100 materiałów NCS, które można podzielić na słabo i silnie skorelowane.

W wykładzie przedstawię niedawno opisaną klasę nadprzewodników niecentrosymetrycznych o stechiometrii MRh_2B_2 i $\text{M Ir}_2\text{B}_2$ ($\text{M} = \text{Nb}, \text{Ta}$). Związki, opisane odpowiednio przez E. Carnicom, *et al.* [E. Carnicom, Science Adv. 2018] i K. Górnicką, *et al.* [K. Górnicka, Adv. Funct. Mat. 2020], krystalizują w nowych typach struktury krystalicznej. MRh_2B_2 występuje w chiralnej grupie przestrzennej $P3_1$, natomiast izoelektronowy $\text{M Ir}_2\text{B}_2$ krystalizuje w jednoskośnej grupie przestrzennej Cc . Wspólną cechą podrodzin MRh_2B_2 i $\text{M Ir}_2\text{B}_2$ są: brak środka symetrii i występowanie dimerów atomów boru, zorientowanych w innych sekwencjach oznaczonych na rysunku przez X, Y i Z.



Wszystkie cztery związki są nadprzewodnikami z najwyższą obserwowaną temperaturą krytyczną (T_c) dla NbRh_2B_2 ($T_c = 7.6$ K) i NbIr_2B_2 ($T_c = 7.2$ K). Nieco niższą T_c obserwuje się dla związków na bazie tantalu: TaRh_2B_2 ($T_c = 5.8$ K) i TaIr_2B_2 ($T_c = 5.1$ K). Na podstawie obliczonej wartości współczynnika sprzężenia elektron-fonon, nadprzewodniki te można zaklasyfikować jako umiarkowanie silnie sprzężone. Pomiary górnego pola krytycznego, również w zakresie niskich temperatur ($T > 0.3$ K) i wysokich pól magnetycznych ($B < 20$ T), wskazują że $\mu_0 H_{c2}$ dla wszystkich czterech związków przekracza pole graniczne Pauliego ($\mu_0 H_P$).

W wykładzie omówiona zostanie metoda syntezy, badania krystalograficzne i przede wszystkim właściwości fizyczne MRh_2B_2 i MIr_2B_2 ($M = \text{Nb}, \text{Ta}$). Przedstawię pomiary oporu elektrycznego, podatności magnetycznej, ciepła właściwego i spektroskopii mionów (μSR). Zaproponuję scenariusze, które mogą tłumaczyć obserwowane wysokie górne pole krytyczne ($\mu_0 H_{c2} > \mu_0 H_P$).

Badania parametru porządku w potencjalnych nadprzewodnikach chiralnych w oparciu o pomiary lokalnego namagnesowania

T. Cichorek

*Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych
Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu,
ul. Okólna 2, 50-422 Wrocław*

Topologiczne własności niektórych stanów nadprzewodzących wzbudzają ogromne zainteresowanie z uwagi na ich przewidywane zastosowanie w komputerach kwantowych. Obiecującą platformą dla nadprzewodnictwa topologicznego i możliwej obecności kwazicząstek Majorany są nadprzewodniki chiralne – trójwymiarowe materiały topologiczne, w których pary Coopera o niezerowym momencie pędu krążą wokół wyróżnionej osi, w ten sposób spontanicznie łamiąc symetrię względem odwrócenia czasu. Jednak potencjalnych materiałów o tak wyjątkowych własnościach, zarówno z punktu widzenia nauk podstawowych, jak i stosowanych jest niewiele, a sama realizacja chiralnego nadprzewodnictwa jest przedmiotem intensywnej debaty.

Jedną z podstawowych wielkości charakteryzujących stan nadprzewodzący jest temperaturowa zależność dolnego pola krytycznego $H_{c1}(T)$, z której można wnioskować o gęstości par Coopera, a tym samym o symetrii przerwy energetycznej (parametr porządku). W wyznaczaniu charakterystyk $H_{c1}(T)$ potencjalnych nadprzewodników chiralnych $\text{PrOs}_4\text{Sb}_{12}$ (temperatura krytyczna $T_c \approx 1.8$ K, związek ciężkofermionowy) i 4Hb-TaS_2 ($T_c \approx 2.7$ K, oddziaływania van der Waals) wykorzystano unikatowe stanowisko pomiarowe do badań lokalnego namagnesowania w temperaturach tak niskich jak 0.007 K z wykorzystaniem mikroczipników Halla o wysokiej rozdzielczości przeszerennej. Dla obu nadprzewodników doniesienia literaturowe sugerują istnienie słabego, wewnętrznego pola magnetycznego poniżej T_c , a tym samym naruszenie symetrii względem odwrócenia czasu, towarzyszące przejściu do stanu nadprzewodzącego.

Zarówno $\text{PrOs}_4\text{Sb}_{12}$ [1], jak i 4Hb-TaS_2 wykazują anomalne wzmocnienie $H_{c1}(T)$ głęboko w stanie nadprzewodzącym (odpowiednio poniżej $0.3T_c$ i $0.5T_c$), co świadczy o dwupasmowym charakterze nadprzewodnictwa w obu związkach. Co jednak najważniejsze, wzrost $H_{c1}(T)$ obserwowany jest nie tylko do najniższych temperatur, ale poniżej ok. 0.2 K występuje jego wyraźne przyspieszenie. Takie zachowanie $H_{c1}(T)$ wskazuje na strukturę nodalną parametru porządku oraz sugeruje obecność parowania trypletowego. Warto dodać, że w wyższych temperaturach, zmierzone charakterystyki $H_{c1}(T)$ są w doskonałej zgodności z zależnością przewidywaną przez konwencjonalną teorię Bardeena-Coopera-Schrieffera. Innymi słowy, na przykładzie $\text{PrOs}_4\text{Sb}_{12}$ i 4Hb-TaS_2 o mocno odmiennych własnościach stanu normalnego i bardzo różnych strukturach krystalograficznych pokazano, że poszukiwania chiralnego stanu nadprzewodzącego należy prowadzić w granicy $T = 0$.

Bibliografia

- [1] Juraszek J., Wawryk R., Henkie Z., Konczykowski M., Cichorek T., Symmetry of Order Parameters in Multiband Superconductors $\text{LaRu}_4\text{As}_{12}$ and $\text{PrOs}_4\text{Sb}_{12}$ Probed by Local Magnetization Measurements, *Phys. Rev. Lett.* 124, 027001 (2020).

Nadprzewodniki miedziowo-tlenowe: układy o dwóch podsystemach elektronowych

W. Tabiś

*Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej,
Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

Zrozumienie właściwości fizycznych niekonwencjonalnych nadprzewodników, jak również innych skorelowanych materiałów w dalszym ciągu stanowi ogromne wyzwanie. Głównym powodem są znaczące zmiany w strukturze elektronowej, jak również w oddziaływaniach coulombowskich pomiędzy elektronami, prowadzące do powstawania różnych faz wraz ze zmianą poziomu domieszek i temperatury. W trakcie wykładu przedstawiony zostanie przegląd fenomenologii oraz własności mikroskopowych nadprzewodników miedziowo-tlenowych (ang. cupraty), ze szczególnym uwzględnieniem uniwersalnych cech przewodności elektrycznej [1, 2] oraz optycznej [3], które ujawniają istnienie dwóch podsystemów elektronowych. Na całkowity układ elektronowy składają się ładunki $1 + p$, gdzie p jest poziomem domieszki. Przy niskich koncentracjach nośników dokładnie jedna dziura na komórkę elementarną jest zlokalizowana, natomiast przy zwiększaniu domieszkowania i temperatury dziura ta jest stopniowo delokalizowana i staje się wędrowna. Co ciekawe, dziury wędrowne wykazują ten sam charakter cieczy Fermiego w całym diagramie fazowym nadprzewodników miedziowo-tlenowych. Ta uniwersalność umożliwia policzenie gęstości nośników i daje pełne zrozumienie kluczowych cech zarówno stanu normalnego, jak i nadprzewodzącego. Jako podsumowanie przedstawiony zostanie możliwy mechanizm nadprzewodnictwa, zgodny z kluczowymi faktami doświadczalnymi. Podstawą tego mechanizmu jest oddziaływanie nośników Fermiego ze zlokalizowanymi dziurami. Zmiana mikroskopowej natury wiązań chemicznych w płaszczyznach miedziowo-tlenowych, z jonowych na kowalencyjne, zostanie użyta w celu wyjaśnienia diagramu fazowego tych fascynujących związków.

Bibliografia

- [1] Bariśić N., Chan M. K., Veit M. J., Dorow C. J., Ge Y., Li Y., Tabiś W., Tang Y., Yu G., Zhao X., Greven M., *New J. Phys.* 21, 113007 (2019).
- [2] Putzke C., Benhabib S., Tabiś W., Ayres J., Wang Z., Malone L., Licciardello S., Lu J., Kondo T., Takeuchi T., Hussey N. E., Cooper J. R., Carrington A., *Nat. Phys.* 17, 826-831 (2021).
- [3] Kumar C. M. N., Akrap A., Homes Ch. C., Martino E., Klebel-Knobloch B., Tabiś W., Bariśić O. S., Sunko D. K., Bariśić N., *arXiv:2204.10284 [cond-mat]* (2022).

How Mechanical Forces Affect Bladder Cancer Progression

M. Lekka

*Department of Biophysical Microstructures,
Institute of Nuclear Physics
Polish Academy of Sciences,
ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków
e-mail: malgorzata.lekka@ifj.edu.pl*

The bladder is a highly variable mechanical microenvironment expanding from a few hundred to thousands of Pascals due to functional reasons. Despite that, the urothelial cancer cells become more deformable already at the early stages of cancer progression as measured by atomic force microscopy (AFM). Several structural components contribute to the mechanical properties of bladder cancer cells. Primarily, the organization of polymerized actin form (actin filaments) and the overall actin content are related to cell mechanics. By applying the brush model, the mechanical properties of the cells studied under specific cleavage conditions were correlated with the particular type of pericellular glycocalyx layer. Distinct contributions of cell structural elements to cell biomechanics form a question of the leading cause of cell alterations in mechanical properties during cancer progression. Obtained results reveal that cell morphological, mechanical, and adhesive properties are significant in bladder cancer progression. Based on the gathered data, the contribution of mechanical forces in the progression of bladder cancer will be discussed.

Acknowledgement

This work was supported by the Norwegian Financial Mechanism for 2014-2021, National Science Center (Poland), project no. UMO-2019/34/H/ST3/00526 (GR1EG).

Towards Understanding the Molecular Mechanism of Inhibiting Ferroptotic Cell Death by Targeting Lipoxygenases

K. Mikulska-Rumińska

*Faculty of Physics, Astronomy and Informatics,
Nicolaus Copernicus University,
ul. Grudziądzka 5, 87-100 Toruń*

Recent years have brought attention to ferroptosis, an iron- and lipid peroxidation-dependent form of regulated cell death implicated in a broad range of diseases, including Alzheimer's and Parkinson's disease, acute brain injury, sepsis, or asthma. Ferroptosis characteristic feature is the enhanced lipid peroxidation where abstraction of H-atoms from polyunsaturated phospholipids drives the entire peroxidation process causing a membrane damage. We demonstrated that a protein complex composed of 15-lipoxygenase and PE-binding protein 1 (Cell 2017) is a master promoter of ferroptotic cell-death signaling regulated by several enzymatic mechanisms.

Our objective is to block the enzymatic mechanisms underlying the ferroptosis process at the molecular level. Using computational molecular approaches such as molecular dynamics simulations, elastic network models, and bioinformatics together with the experimental verification, we explained the previously unknown mechanisms and factors that affect or block ferroptosis, thus providing molecular insights of the catalytic processes involved (JACS 2018, J Clin Invest 2018, JCI 2019).

Our recent studies revealed a critical role of iNOS/nitric oxide (Nature Chem Biol 2020, IJMS 2021) and phospholipase iPLA2 β (Nature Chem Biol 2021) in the regulation of ferroptosis. We also resolved a paradox related to the most common ferroptosis inhibitor, Ferrostatin 1 (Redox Biol 2021), and we proposed new inhibitors of the human complex which can effectively block the ferroptotic cell death signal (PNAS 2023). Our studies showed that computational studies could be effectively applied to explain and block fundamental biological processes.

Acknowledgement

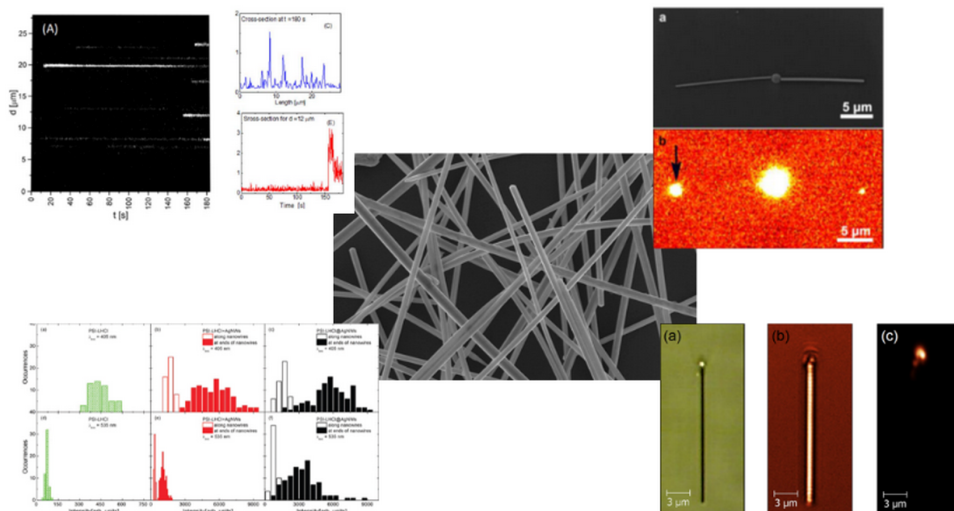
Work supported by Polish National Science Centre no. 2019/35/D/ST4/02203.

Nanodruty srebra w optycznej sensoryce plazmonowej i zdalnej fotokatalizie

S. Maćkowski

*Katedra Nanofotoniki, Instytut Fizyki,
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu,
ul. Grudziądzka 5, 87-100 Toruń
e-mail: mackowski@fizyka.umk.pl*

W ramach wykładu przedstawię kilka wybranych eksperymentów z ostatnich lat, których wyniki wskazują na unikalność nanodrutów srebra, struktur o średnicy 100 nm i długościach sięgających milimetra, jako funkcjonalnych elementów w układach optycznych, sensorycznych i fotokatalitycznych. Tak niewielkie średnice nanodrutów srebra prowadzą do powstania zlokalizowanego rezonansu plazmonowego, a z drugiej strony ich makroskopowe długości mogą zostać wykorzystane do propagacji energii na znaczne odległości. Wśród omówionych wyników znajdują się: (1) zdalna aktywacja luminescencji, (2) wzmocniona plazmonowo detekcja optyczna pojedynczych białek w czasie rzeczywistym, a także (3) zdalne indukowanie plazmonowo wzmocnionej reakcji fotokatalitycznej.



We wszystkich prezentowanych eksperymentach wykorzystano techniki zaawansowanej mikroskopii i spektroskopii fluorescencyjnej, a także metody funkcjonalizacji powierzchni i precyzyjnego nanoszenia mikrokropel z emiterami. Aspekty techniczne zostaną omówione z zachowaniem niezbędnego stopnia szczegółowości.

Podziękowania

Badania były finansowane w ramach następujących projektów Narodowego Centrum Nauki:

- 2013/10/E/ST3/00034,
- 2013/09/D/ST3/03746,
- 2016/21/B/ST3/02276,
- 2016/22/E/ST5/00531,
- 2017/27/B/ST3/02457,
- 2017/26/E/ST3/00209,
- 2018/31/G/ST3/03596.

Bibliografia

- [1] Niedziółka-Jönsson J., Maćkowski S., *Materials* 12, 1418 (2019).
- [2] Szalkowski M. *et al.*, *Nanoscale* 9, 10475 (2017).
- [3] Ćwik M. *et al.*, *Opt. Express* 29, 8834 (2021).
- [4] Sulowska K. *et al.*, *Methods Appl. Fluoresc.* 8, 045004 (2020).
- [5] Grzelak J. *et al.*, *Sens. Actuators B Chem.* 273, 689 (2018).
- [6] Prymaczek A. *et al.*, *Nanoscale* 10, 12841 (2018).
- [7] Buczyńska D. *et al.*, *J. Phys. Chem. C* 124, 15418 (2020).
- [8] Prymaczek A. *et al.*, *Sci. Rep.* 11, 3557 (2021).
- [9] Ćwierzona M. *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* 120, 261108 (2022).

Protein Flexibility and Glycan Dynamics of the SARS-CoV-2 Spike

M. Sikora^{1,2}

¹*Malopolska Centre of Biotechnology,
Jagiellonian University,
ul. Gronostajowa 7A, 30-387 Kraków*

²*Max Planck Institute of Biophysics,
Max-von-Laue Str 3, 60438 Frankfurt, Germany*

Spike protein is crucial for SARS-CoV-2 entry into human cells and it is the main target of natural and induced immune response. Spike surface is covered with covalently attached complex sugars (glycans) which prevent antibody binding and complicate pharmacological interventions. Viral evolution leads to new variants, such as Omicron, that evade current vaccines. To understand the role of protein and glycan dynamics in these processes, we performed large-scale molecular dynamics simulations of glycosylated spikes. In collaboration with structural biology groups, we discovered surprising flexibility of the spike protein and predicted new antibody binding sites accessible through the dynamic glycan shield, which can be used for designing novel vaccines. We further show that majority of mutations in variants of concern occur within these accessible sites. Finally, we develop a simplified open-source method to rapidly predict glycan shielding with minimal computing power.

Chiralne nanomateriały w bioanalizie i medycynie

W. Lewandowski

*Laboratorium Nanomaterialów Organicznych i Biomolekul,
Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego,
ul. Żwirki i Wigury 101, 02-089 Warszawa*

Wizjonerskie artykuły z początku XXI wieku wiążą przyszłość technologii informatycznych czy bioanalitycznych z wykorzystaniem nanomaterialów, które mogą silnie oddziaływać ze światłem. Przykładem mogą być testy przepływu bocznego (ang. lateral flow), czyli takie, jak popularne testy ciążowe. W tego typu testach zabarwienie linii testowej i kontrolnej związane jest z unieruchomieniem nanocząstek złota, wykazujących silną absorpcję fal elektromagnetycznych z zakresu widzialnego. Aby jednak w pełni wykorzystać potencjał oferowany przez nanomateriały, niezbędna jest umiejętność kontrolowania ich struktury, a co za tym idzie, ich właściwości. Szczególnie interesującym przykładem nanomaterialów są struktury chiralne, czyli występujące w dwóch, niemal identycznych postaciach, mających się do siebie jak odbicie lustrzane. Ze względu na rozpowszechnienie zjawiska chiralności w naturze ma ona szczególne znaczenie dla przemysłu farmaceutycznego i medycyny, ponieważ układy biologiczne są wysoce wyspecjalizowane w rozpoznawaniu, selekcji i kontroli chiralności. Poza czysto strukturalnymi aspektami warto podkreślić, że materiały takie wykazują preferencyjną absorpcję jednej ze skłębności światła spolaryzowanego kołowo. W ramach naszych badań zaproponowaliśmy rozwiązanie szeregu problemów, związanych z użytkowaniem chiralnych nanomaterialów.

Pierwszym podejściem jest połączenie niechiralnych elementów silnie oddziałujących ze światłem (nanocząstki), z materiałami organicznymi, zapewniającymi chiralną strukturę (ciekle kryształy) [1-3]. Innowacyjność tych badań związana jest ze zrozumieniem, jak projektować i uzyskiwać tego typu kompozyty, aby struktury uporządkowane tworzyły się spontanicznie, podczas ogrzewania/chłodzenia materiału. Szczegółowe badania SEM, TEM, AFM, UVVis i CD potwierdziły, że uzyskaliśmy materiały biomimiczne, które – podobnie jak pancerze niektórych chrząszczy – wykazują łamanie symetrii optycznej.

Drugim podejściem jest uzyskiwanie chiralnych morfologicznie nanocząstek, czyli takich, które wyróżniają się helikalnym narastaniem płaszczyzn krystalograficznych [4]. Kształt ten jest wynikiem kontrolowanego wzrostu nanokryształów w obecności dodatku L- bądź D-cysteiny podczas syntezy. W naszym laboratorium opanowaliśmy nietrywialne metody uzyskiwania tego typu nanocząstek oraz opracowaliśmy wydajny sposób modyfikacji ich powierzchni za pomocą związków organicznych. W kontekście bioanalitycznym zastosowaliśmy trawienie tych nanocząstek jako wskaźnik w metodzie ELISA badania antygenów. Rozpoczęliśmy badania także w świetle ostatnich doniesień o enancjoselektywnych oddziaływaniach tego typu nanocząstek z komórkami eukariotycznymi.

Podsumowując, w ramach naszych badań wykonujemy zaawansowane syntezy nanocząstek złota i materiałów półprzewodnikowych oraz syntezy związków organicznych. To unikatowe połączenie syntezy organicznej i nieorganicznej oraz szerokie możliwości badań nanostrukturalnych, pozwoliły nam na syntezę nanomateriałów o precyzyjnie kontrolowanej strukturze. Poza zastosowaniami fonicznymi chiralane nanomateriały mają także świetlaną przyszłość w medycynie, co jest podstawą do dalszych badań w tym zakresie.

Bibliografia

- [1] Bagiński M. *et al.*, Adv. Mater. 32, 1904581 (2020).
- [2] Grzelak D. *et al.*, Adv. Funct. Mater. 32, 2111280 (2022).
- [3] Jędrych A. *et al.*, ACS Nano 17, 5548-5560 (2023).
- [4] Kowalska N. *et al.*, ACS Appl. Mater. Interfaces 14, 50013-50023 (2022).

Minimal-Parameter Implicit Solvent Model for Large-Scale DFT Calculations

J. Dziedzic^{1,2,3}, A. Bhandari^{1,3}, C.-K. Skylaris^{1,3}

¹*School of Chemistry, University of Southampton,
Southampton, UK*

²*Faculty of Applied Physics and Mathematics,
Gdansk University of Technology, Poland*

³*The Faraday Institution, UK*

Accurate studies of important biochemical processes, such as protein folding or protein-ligand binding, necessitate the inclusion of the solvent environment. Including the solvent explicitly with full atomistic detail is usually computationally unfeasible, not only because it substantially increases the number of atoms in the system, but also because it requires extensive averaging over the solvent degrees of freedom. The implicit solvent (IS) approach addresses this difficulty by representing the solvent as an unstructured dielectric continuum. This simplified description is often sufficient for capturing the relevant phenomena, yielding solvation energies in good agreement with experiment, making IS the prime candidate for use within density functional theory (DFT) calculations on biological systems.

A multitude of IS models of differing sophistication have been proposed to date. One of the approaches for determining the electrostatic component of solvation involves solving the Poisson-Boltzmann equation (PBE) for a system where the solute is placed in a suitably defined cavity with the dielectric kept outside of the cavity. The exact shape of the cavity usually depends on a number of parameters, such as atomic radii. Alternatively, the cavity can be defined in terms of the electronic density, which eliminates the need to carefully tune the many cavity parameters present in most IS models.

We present an implementation of an PBE-based solvation model in the ONETEP linear-scaling density functional theory program. ONETEP achieves CPU and memory requirements that increase linearly with the number of atoms by employing a density matrix formulation of DFT using localized functions (Non-orthogonal Generalized Wannier Functions or NGWFs). Our IS model supports open and periodic boundary conditions, charged and neutral solutes, it approximately includes dispersion-repulsion interactions, and uses novel approaches to describe the Boltzmann electrolyte. It is a fully self-consistent approach, where the electronic density is optimized in the presence of the implicit solvent. Solutions to the PBE are obtained using a high-order defect-corrected multigrid method, which we demonstrate is efficient and accurate. We show how the proposed approach consistently gives predictions in excellent agreement with experiment on a test set of 100+ molecules, outperforming competing IS models, and demonstrate how it can be used to obtain binding energies in solvent for entire proteins with thousands of atoms, while maintaining good parallel scalability.

Nonlinear Scaling of Rabi Frequency with Driving Electric Field in Polar Quantum Systems

P. Gładysz, K. Słowik

*Institute of Physics,
Nicolaus Copernicus University in Toruń,
Grudziądzka 5/7, 87-100 Toruń, Poland
e-mail: karolina@umk.pl*

Optical properties of atomic systems are determined by spatial symmetries, quantified in terms of multipolar transition moments. Their nonzero values are related to the selection rules describing which transitions may occur in a quantum system. Contrary, permanent multipolar moments are routinely neglected as causing trivial shifts in the energy spectrum of the system. This contribution studies the light-matter interaction regimes in which this commonly held belief is wrong.

A quantum system driven with a resonant plane wave undergoes a periodic transfer of population between its eigenstates. The effect is known as Rabi oscillations, whose frequency depends on the amplitude of the driving field and the transition dipole moment between the contributing states. However, this paradigmatic quantum optical effect is hardly ever analysed in polar systems, in which the broken inversion symmetry induces new phenomena. Polar systems support permanent dipole moments that vary in general for different eigenstates. Hence, the Rabi transitions of the population give rise to an additional oscillating dipole that is a source of radiation at the Rabi frequency [1]. This frequency can be controlled within the MHz to even THz range, potentially giving rise to all-optically tunable coherent radiation sources exploiting the polar nature of quantum systems [2, 3].

Nonvanishing values of the permanent dipole moments also affect the Rabi frequency itself. The Rabi frequency of non-polar systems scales linearly with the amplitude of the driving electric field. For highly polar systems subject to relatively strong fields, this scaling may be modified. In this talk, we will discuss analytical theory within and numerical results beyond the rotating wave approximation. They suggest the existence of high-field-intensity regimes in which the Rabi oscillations' frequency in polar systems may become robust and field-independent, as well as regimes where the frequency collapses back to near-zero values despite a strong driving field. The robust character may enable an improved coherent response of atomic ensembles subject to strong fields rapidly varying in space. Such conditions are met, e.g., in the vicinity of plasmonic metasurfaces, and we will present estimations of the improvement for selected example systems. The collapse to the linear regime, in which even stronger fields give rise to near-zero Rabi frequency values, on the other hand, may potentially be exploited for strong-field metrology. Control of the permanent dipole moments with an external field may provide a knob for tuning these effects for specific applications.

References

- [1] Kibis O. V., Slepyan G., Maksimenko S. A., Hoffmann A., Matter coupling to strong electromagnetic fields in two-level quantum systems with broken inversion symmetry, *Phys. Rev. Lett.* 102, 023601 (2009).
- [2] Chestnov I., Shahnazaryan V. A., Alodjants A.P., Shelykh I. A., Terahertz lasing in ensemble of asymmetric quantum dots, *ACS Photonics* 4, 2726-2737 (2017).
- [3] Gładysz P., Wcisło P., Słowik K., Propagation of optically tunable coherent radiation in a gas of polar molecules, *Sci. Rep.* 10, 1-11 (2020).

Źródła nieklasycznych stanów światła na bazie epitaksjalnych kropek kwantowych emitujących w zakresie telekomunikacyjnym

A. Musiał

*Katedra Fizyki Doświadczalnej,
Wydział Podstawowych Problemów Techniki,
Politechnika Wrocławska,
ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
e-mail: anna.musial@pwr.edu.pl*

Źródła nieklasycznych stanów światła są elementami niezbędnymi do budowy sieci kwantowych i implementacji protokołów kryptografii kwantowej. Wśród nich na szczególną uwagę zasługują źródła emitujące pojedyncze fotony oraz pary (lub większą liczbę) kwantowo splątanych fotonów. Spośród wielu układów fizycznych, mogących pełnić rolę obszaru aktywnego w tego typu źródłach, najbardziej obiecujące wydają się być półprzewodnikowe kropki kwantowe. Wyróżniają się one na tle innych podejść wyjątkowo wysoką czystością emisji jednofotonowej (niskim prawdopodobieństwem emisji więcej niż jednego fotonu na raz) przy jednoczesnej wysokiej częstotliwości ich generacji, kompatybilnością z technologią półprzewodnikową, w szczególności z rozwiniętymi technikami deterministycznego wytwarzania struktur fotonicznych oraz zintegrowanymi układami fonicznymi i infrastrukturą światłowodową oraz możliwością generowania fotonów na żądanie (każdy impuls pobudzający powinien skutkować emisją jednego fotonu). Ich dodatkowym atutem jest możliwość inżynierii struktury elektronowej i właściwości optycznych w celu ich optymalizacji pod konkretne zastosowania. W referacie podsumowany zostanie postęp, jaki dokonał się ostatnio w dziedzinie generacji nieklasycznych stanów światła w zakresie telekomunikacyjnych długości fal. Emisję w tym zakresie spektralnym można uzyskać m.in. stosując inżynierię naprężeń w strukturach z kropkami kwantowymi na podłożach z GaAs lub z InP. W obu przypadkach możliwa jest emisja zarówno w zakresie II, jak i III okna telekomunikacyjnego. Praktyczne wykorzystanie tego typu źródeł faworyzuje rozwiązania światłowodowe i kompaktowe, nie wymagające optymalizacji przez użytkownika. Jako przykład omówione zostaną: i) symetryczne kropki InAs/InP hodowane metodą epitaksji z wiązek molekularnych, których struktura elektronowa umożliwia generację par polaryzacyjnie splątanych fotonów z kaskady bieksyton-ekscyton w III oknie telekomunikacyjnym [1-3] oraz ii) kropki kwantowe InGaAs/GaAs przykryte warstwą redukującą naprężenia, wytwarzane metodą epitaksji z fazy gazowej z użyciem związków metaloorganicznych, które zostały wykorzystane jako obszar aktywny w źródle pojedynczych fotonów typu *plug & play* (II okno telekomunikacyjne) [4-7].

Bibliografia

- [1] Kors A. *et al.*, Appl. Phys. Lett. 112, 172102 (2018).
- [2] Musiał A. *et al.*, Adv. Quantum Technol. 3, 1900082 (2020).
- [3] Musiał A. *et al.*, Appl. Phys. Lett. 118, 221101 (2021).
- [4] Dusanowski Ł., Opt. Express 25, 31122 (2017).
- [5] Srocka N. *et al.*, AIP Adv. 8, 085205 (2018).
- [6] Mrowiński P. *et al.*, Phys. Rev. B 100, 115310 (2019).
- [7] Musiał A. *et al.*, Adv. Quantum Technol. 3, 2000018 (2020).

Kwantowe płyny światła jako nowa platforma do realizacji neuromorficznych układów obliczeniowych

A. Opala

¹*Instytut Fizyki
Polskiej Akademii Nauk,
al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa*
²*Instytut Fizyki Doświadczalnej,
Wydział Fizyki,
Uniwersytet Warszawski,
ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa
e-mail: andrzej.opalai@fuw.edu.pl*

W ostatnich latach jesteśmy świadkami gwałtownego rozwoju sztucznej inteligencji oraz badań nad zastosowaniem sztucznych sieci neuronowych. Wykorzystanie uczenia maszynowego do przetwarzania informacji wpisało się już na stałe we współczesne realia, ułatwiając realizację nawet bardzo złożonych zadań.

Szacuje się, że w najbliższych latach zużycie energii, niezbędnej do przetwarzania informacji (a w tym uczenia maszynowego), będzie stanowiło znaczną część globalnego zapotrzebowania energetycznego. Perspektywa ta, w połączeniu z ograniczeniem stosowności prawa Moore’a, obliguje nas do poszukiwania nowych układów obliczeniowych, które pozwoliłyby na wyjście poza ograniczenia klasycznej architektury komputerowej. Układy te powinny charakteryzować się zarówno wysoką wydajnością jak i energooszczędnością. Wyżej wymienione cele przyświecały idei stworzenia tzw. neuromorficznych układów obliczeniowych.

Układy neuromorficzne są to złożone układy obliczeniowe, inspirowane wewnętrzną strukturą ludzkiego mózgu. Pojęciem tym określane są realizacje sprzętowe, bazujące na wykorzystaniu przyrządów elektronicznych oraz fonicznych. Uważa się, że to właśnie układy optyczne pozwolą na przełamanie technologicznych ograniczeń, zapewniając wysoką przepustowość przesyłania danych, energooszczędność oraz szybkość działania. Należy jednak podkreślić, że efektywne przetwarzanie informacji (np. przy wykorzystaniu sieci neuronowych) wymaga realizacji operacji nieliniowych. Niestety fotony w sposób naturalny nie oddziałują ze sobą, co utrudnia zastosowanie ich do obliczeń w praktyce.

W celu uzyskania silnych nieliniowych oddziaływań pomiędzy „fotonami” należy sprząć je w ośrodku materialnym. W tym celu konstruuje się specjalne mikrowęki rezonansowe. Mikrowęki te zawierają ośrodek aktywny w postaci studni kwantowych, w których dochodzi do koherentnego sprzężenia pomiędzy falą elektromagnetyczną a ekscytonem. Skutkiem czego jest powstanie kwantowej kwazicząstki zwanej polarytonem ekscytonowym.

Polarytony ekscytonowe mają unikalne właściwości, będące konsekwencją ich hybrydowej natury. Wykazują zarówno znakomite właściwości transportowe (przez wzgląd na niską masę efektywną), jak i silne nieliniowe oddziaływania. Nieliniowość obserwowana w układach polarytonowych ma charakter trzeciorzędowy i określana jest mianem nieliniowości typu Kerra. Dodatkowo polarytony ekscytonowe należą do grupy złożonych bozonów, posiadających zdolność do tworzenia nierównowagowych kondensatów. Kondensaty te zwane są w literaturze kwantowymi cieczami światła.

Na przełomie ostatnich lat wykazaliśmy, że polarytony ekscytonowe stanowią unikalną platformę fizyczną do realizacji neuromorficznych układów obliczeniowych. Niniejsze seminarium poświęcone będzie przeglądowi najważniejszych osiągnięć w zastosowaniu polarytonów do realizacji sztucznych sieci neuronowych. Wprowadzone zostaną polarytonowe sieci neuronowe o architekturze typu skierowanego oraz rekurencyjnego. Przedstawione będą fizyczne analogie pomiędzy dynamiką neuronu biologicznego, a czasową ewolucją kondensatu polarytonów ekscytonowych. Omówione zostaną również najważniejsze wyzwania, stojące przed zastosowaniem polarytonów ekscytonowych do całkowicie optycznego przetwarzania informacji.

Machine Learning with Quantum Optics

K. Bartkiewicz, P. Tulewicz

*Institute of Spintronics and Quantum Information,
Faculty of Physics, Adam Mickiewicz University in Poznań,
Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61-614 Poznań, Poland*

Classical programming means writing explicit instructions so that a program processes the input data and correctly answers our questions. Machine learning (ML) is a branch of artificial intelligence research that uses implicit programming, where the program does not receive explicit instructions. This method is particularly suitable for problems that are intuitive to humans but difficult to convert to set of machine instructions. Some complex problems resist known ML methods, especially in quantum systems [1, 3]. *E.g.* designing new drug molecules or supervising quantum communication networks, which under certain assumptions should be protected from eavesdropping by the laws of quantum physics. These tasks quickly become unfeasible as the complexity of the problem increases. Solutions to such problems must be sought using quantum computing for ML [1, 2]. This is the original motivation to combine ML and quantum physics [1]. However, there are many other reasons to do so. In particular, ML can be used to motivate theoretical and experimental research in quantum information, quantum state engineering, classification and detection. To illustrate this, we will discuss a few assorted examples of combining ML and optical quantum information processing, including [2, 4, 5]. Finally, we will discuss how a new paradigm for generative ML emerges from quantum state discrimination [6].

References

- [1] Biamonte J., Wittek P., Pancotti N., Rebentrost P., Wiebe N., Lloyd S., *Nature* 549, 195-202 (2017).
- [2] Trávníček V., Bartkiewicz K., Černocho A., Lemr K., *Phys. Rev. Lett.* 123, 260501 (2019).
- [3] Carleo G. *et al.*, *Rev. Mod. Phys.* 91, 045002 (2019).
- [4] Bartkiewicz K., Gneiting C., Černocho A., Jiráková K., Lemr K., Nori F., *Sci. Rep.* 10, 12356 (2020).
- [5] Jašek J., Jiráková K., Bartkiewicz K., Černocho A., Fürst T., Lemr K., *Opt. Express* 27, 32454-32464 (2019).
- [6] Bartkiewicz K., Tulewicz P., Roik J., Lemr K., arXiv:2112.13255 arXiv: 2112.13255 (2021).

Pomiar czasu przybycia ultrakrótkich impulsów rentgenowskich z dokładnością femtosekundową

W. Błachucki¹, J. Szlachetko², C. Arrell³

¹*Instytut Fizyki Jądrowej,
Polska Akademia Nauk,*

ul. Walerego Eljasza Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków

²*Narodowe Centrum Pominiowania Synchrotronowego SOLARIS,
Uniwersytet Jagielloński,*

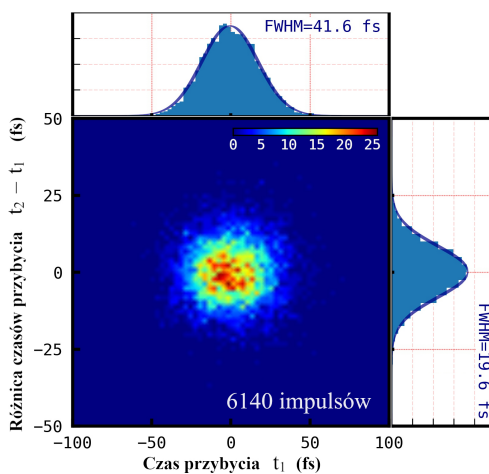
ul. Czerwone Maki 98, 30-392 Kraków

³*Instytut Paula Scherrera,
Forschungsstrasse 111, 5232 Villigen, Szwajcaria*

e-mail: wojciech.blachucki@ifj.edu.pl

Promieniowanie rentgenowskie jest używane w wielu badaniach naukowych nad strukturą materii i zjawiskami w niej zachodzącymi na poziomie atomowym. Szczególny rodzaj badań, tzw. badania czasowo-rozdzielcze (ang. time-resolved), umożliwiają źródła promieniowania typu laser rentgenowski na swobodnych elektronach (ang. X-ray free-electron laser, XFEL) oraz źródła typu laserowo-plazmowego (ang. plasma X-ray source, PXS) [1] wytwarzających impulsy promieniowania rentgenowskiego o czasie trwania rzędu dziesiątek femtosekund (fs). W niniejszej prezentacji przybliżę tematykę wielkoskalowych impulsowych źródeł promieniowania rentgenowskiego i opiszę eksperyment, który przeprowadziłem we współpracy z ośrodkiem badawczym lasera rentgenowskiego SwissFEL w Instytucie Paula Scherrera (PSI, Villigen, Szwajcaria), w którym dwoma metodami z dokładnością femtosekundową zmierzyłem czas przybycia impulsów na próbkę.

Bezpośredni pomiar czasu przybycia impulsów rentgenowskich na badaną próbkę odbywa się przy użyciu kilku metod: kodowania widmowego (ang. spectral encoding) [2], kodowania przestrzennego (ang. spatial encoding) [3] i smugowania terahercowego (ang. THz streaking) [4]. W niniejszej pracy wykorzystano jednocześnie kodowanie przestrzenne i smugowanie terahercowe do zmierzenia czasu przybycia impulsów twardego promieniowania rentgenowskiego (średnia energia pojedynczego impulsu: 300 μJ , średnia energia pojedynczego fotonu: 7230 eV). Na Rysunku 1 przedstawiono rozkład czasu przybycia 6140 kolejnych impulsów zmierzony obiema metodami. Oznaczenie FWHM oznacza szerokość połówką rozkładu. Około dwukrotnie węższy rozkład $t_2 - t_1$ potwierdza znaczącą poprawę dokładności określenia czasu przybycia impulsu w przypadku jednoczesnego użycia kilku urządzeń pomiarowych. Sprzęganie urządzeń pomiaru czasu przybycia może znacząco poprawić rozdzielczość czasową eksperymentów czasowo-rozdzielczych typu pompa-sonda (ang. pump-probe).



Rysunek 1: Czas przybycia impulsów lasera rentgenowskiego zmierzony metodami: smugowania terahercowego (t_1) i kodowania przestrzennego (t_2)

Podziękowania

Badania zostały częściowo sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Naukowego (Polska) w ramach grantu o numerze 2017/27/B/ST2/01890.

Bibliografia

- [1] Schoenlein R. *et al.*, Philos. Trans. R. Soc. A 377, 20180384 (2019).
- [2] Bionta M. R. *et al.*, Opt. Express 19, 21855 (2011).
- [3] Katayama T. *et al.*, Struct. Dyn. 3, 034301 (2016).
- [4] Juranić P. N. *et al.*, J. Instrumentation 9, P03006 (2014).

Femtosekundowe lasery Cr:ZnS/Se – następca Ti:sapphire?

M. Kowalczyk^{1,2,3,4}

¹*Grupa Elektroniki Laserowej i Światłowodowej,
Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów,
Politechnika Wrocławska,
Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław*

²*Fakultät für Physik,
Ludwig-Maximilians-Universität München,
Am Coulombwall 1, 85748 Garching, Niemcy*

³*Max-Planck-Institut für Quantenoptik,
Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching, Niemcy*

⁴*Center for Molecular Fingerprinting,
Czuczor utca 2-10, 1093 Budapest, Węgry
e-mail: maciej.kowalczyk@pwr.edu.pl*

Pojawienie się laserów, generujących kilku-femtosekundowe impulsy o długości odpowiadającej pojedynczym oscylacjom fali elektromagnetycznej oraz możliwość kształtowania ich przebiegu dało początek nowemu obszarowi badań nad fizyką ultraszybkich oddziaływań między światłem a materią [1] oraz ich kontrolą [2]. Kluczową technologią, która umożliwiła ten postęp były lasery Ti:sapphire (tytanowo-szafirowe), które mogą generować stabilne fazowo impulsy o długości pojedynczych femtosekund i już od ponad 3 dekad [2] są niezastąpionym źródłem światła dla eksperymentów w dziedzinie fizyki procesów ultraszybkich. Niemniej jednak, lasery Ti:sapphire są spektralnie ograniczone do fal o długości ok. $0.8\ \mu\text{m}$, co uniemożliwia ich wykorzystanie do badań w zakresie spektralnym średniej podczerwieni (MIR; $2\text{--}20\ \mu\text{m}$) i znacznie ogranicza zakres możliwych zastosowań [4]. Laserami, którą mogą wypełnić tę lukę są źródła, wykorzystujące jako ośrodki aktywne domieszkowane chromem kryształy siarczku cynku (Cr:ZnS) i selenku cynku (Cr:ZnSe). Ze względu na swoją ultraszerokopasmową emisję w zakresie spektralnym $2\text{--}3\ \mu\text{m}$ są one często określane jako „Ti:sapphire średniej podczerwieni” [5].

W moim referacie przedstawię chromowy laser ciała stałego, który emituje 30 fs impulsy z częstością repetycji 25 MHz. Są one poszerzane spektralnie w pojedynczej płycie wykonanej z rutylu do pasma przekraczającego optyczną oktawę. Poszerzone impulsy są kompresowane za pomocą specjalnych lusterek dielektrycznych do długości 6.9 fs, co odpowiada pojedynczemu cyklowi fali elektromagnetycznej. Energia jednocyklowych impulsów wynosi ok. 20 nJ. Faza obwiednia-nośna (CEP) jest stabilizowana z fluktuacjami na poziomie 6 mrad, co czyni z tego lasera najbardziej stabilne fazowo źródło impulsów kilkocyklowych na świecie [6]. Zaprezentuję także, jak za pomocą technik optyki nieliniowej można przenieść te ultrakrótkie i ultrastabilne impulsy

do zakresu spektralnego średniej podczerwieni ($0.9\text{--}12\ \mu\text{m}$; 3.7 optyczne oktawy) [7], co może być wykorzystane do badań w dziedzinie spektroskopii [8].

W podsumowaniu wystąpienia przedstawię technologie laserowe wykorzystujące chromowe lasery ultraszybkie, które zostaną uruchomione na Politechnice Wrocławskiej w ramach programu Polskie Powroty, NAWA (BPN/PPO/2022/1/00028).

Bibliografia

- [1] Brabec T., Krausz F., Rev. Mod. Phys. 72, 545-591 (2000).
- [2] Boolakee T. *et al.*, Nature 605, 251-255 (2022).
- [3] Moulton P. F., J. Opt. Soc. Am. B 3, 125-133 (1986).
- [4] Schlecht M. T. *et al.*, Sci. Adv. 8, eabj5014 (2022).
- [5] Mirov S. B. *et al.*, IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. 24, 1-29 (2018).
- [6] Kowalczyk M. *et al.*, Optica, accepted for publication, DOI: 10.1364/OPTICA.481673
- [7] Steinleitner P., Nagl N., Kowalczyk M. *et al.*, Nat. Photon. 16, 512-518 (2022).
- [8] Pupeza I., Huber M. *et al.*, Nature 577, 52-59 (2020).

Quo vadis obliczeniowa fizyka miękkiej materii (nie)ożywionej?

A. Gadomski, N. Kruszewska, P. Bełdowski, J. Siódmiak

*Zakład Fizyki, Instytut Matematyki i Fizyki,
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej,
Politechnika Bydgoska, Al. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz
e-mail: agad@pbs.edu.pl*

Na pograniczu fizyki fazy skondensowanej z elementami fizyki i termodynamiki statystycznej (klasycznej, a rzadziej – kwantowej) rozwija się coraz prężniej subdyscyplina fizyki, którą można określić za pomocą jednego, nieco przydługiego wyrażenia: obliczeniowa fizyka miękkiej materii (nie)ożywionej, w skrócie - OFMMnO.

Do jej zadań należy umiejętność zaproponowania adekwatnych modeli fizycznych oraz numerycznych metod symulacyjno-obliczeniowych do rozwiązywania zagadnień, które odnoszą się wprost do znanego związku (bio)materiałowego typu strukturalność i funkcja ozn. SWiF, znanego głównie w fizyce (bio)materiałów.

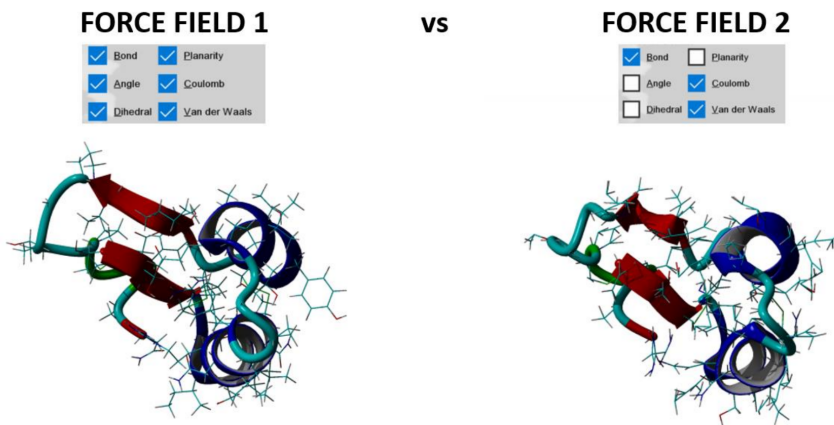
Jeśli chodzi o strukturę (S), to np. ostatnio ważne stało się zagadnienie używania porządku nematycznego do modelowania płynięcia komórek w jednowarstwach z włączonym aktywnym polem siłowym o naturze stochastyczno-lepkosprężystej.

Gdy odnieść rozważania do cechy typu własność (W), to w aktywnych układach lepkosprężystych typu tkanki dominują informacje o anomalnej dyfuzji i relaksacji (bio)materii.

Gdy z kolei przyjrzymy się bliżej takiej cesze, jak funkcja (F) układu biofizycznego lub biologicznego, to możemy, np. zauważyć opis samo-deformacyjnej aktywności komórek w tkance [1], jej chemo-mechanicznej deformacji w celu choćby transportowania „zużytych” komórek lub złogów neurodegeneracyjnych (w kierunku stanu natywnego białek), istotnych z punktu widzenia cukrzycy typu II, chorób Alzheimera, Parkinsona bądź prionowej. Zbierając więc ostatecznie informacje pochodzące z obszarów S+W+F i odnosząc je w formie wykonawczej do podstawowych zadań OFMMnO, należy wymienić następujące problemy lub zagadnienia koncepcyjno-techniczne:

- Wielkość kroku czasowego w symulacjach komputerowych MD w kontekście badanej pełnej domeny czasowej; wielkość pudła symulacyjnego oraz przyjmowane warunki początkowo-brzegowe,
- Decyzja o przyjętym w modelowaniu potencjale fizycznym/termodynamicznym oraz o typie termo- i/lub barostatu [2],
- Inkluzja wszechobecnej w materii ożywionej, ale i tej nieożywionej, wody [3] – jakim modelem się posłużyć? Itd., itp..

Podsumowując, podstawowa strategia rozwiązywania zagadnień tkwi w uniknięciu życzeniowości otrzymywanych w ramach OFMMnO wyników, a zbliżeniu się możliwie maksymalnie do zgodności z danymi eksperymentalnymi i do wynikającej z tego zbliżenia rzetelności odpowiedzi na zadawane przez eksperymentatorów pytania, często o głębokiej naturze fizycznej.



Rysunek 1: Przykładowa struktura białka, gdy (nie)włączać poszczególne człony potencjału intramolekularnego za pomocą dedykowanego software'u YASARA

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane ze środków BN-WTiCh-11/2022.

Bibliografia

- [1] Zhang G., Yeomans J. M., Phys. Rev. Lett. 130, 038202 (2023).
- [2] Siódmiak J. *et al.*, Molecules 22, 1436 (2017).
- [3] Gadomski A. (ed.), Water in biomechanical and related systems, Springer, Cham (2021).

Rekombinacja pułapkowa w perowskitowych ogniwach słonecznych

D. Głowienka

*Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: damian.glowienka@pg.edu.pl*

Choć sprawność konwersji energii słonecznej perowskitowych ogniw słonecznych przekroczyła już wartość 25%, nie każde laboratorium badawcze jest w stanie odtworzyć ten wynik, czy też nawet przekroczyć granicę 20% wydajności. Jest to głównie spowodowane tym, że nie zawsze jest jasne, który dominujący mechanizm odpowiada za spadek wydajności konwersji energii słonecznej. Przedstawione badania skupiają się na metodzie analizy przy użyciu charakterystyk prądowo napięciowych, w trakcie oświetlania próbek z różnym natężeniem światła słonecznego. Dzięki zaproponowanej technice jesteśmy w stanie dokładniej zrozumieć mechanizmy, które pojawiają się w ogniwie słonecznym i ograniczają ich wydajność. Opracowana metoda bazuje na numerycznym modelu dryfu-dyfuzji. Pomaga ona w wyjaśnieniu pasożytniczych strat, związanymi z defektami w objętości kryształu perowskitu, jak i na jego interfejsach z warstwami transportującymi nośniki ładunku. Przedstawiona technika pomiarowa może pomóc nie tylko wskazać czy dominująca rekombinacja znajduje się w objętości próbki, czy też na interfejsach, ale także pozwala określić, który interfejs ma większy wpływ na obniżenie sprawności badanego ogniwa. Pokazane zostaną również szczegółowe wskazówki dotyczące tego rodzaju analizy, co pozwala na wykorzystanie jej bez używania zaawansowanych technik numerycznych. Przedstawione wnioski poparte są serią badań eksperymentalnych, pokazujących skuteczność proponowanej metody na rzeczywistych przykładach.

Acknowledgment

This research was funded in part by National Science Centre, in cooperation with the M-ERA.NET 3 Call 2021 for the grant number 2021/03/Y/ST5/00233. This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement No 958174. Calculations were carried out at the Academic Computer Centre (CI TASK) in Gdansk.

Bibliografia

- [1] Głowienka D., Galagan Y., Adv. Mater. 34, 2105920 (2022).
- [2] Głowienka D., Zhang D., Di Giacomo F., Najafi M., Veenstra S., Szmytkowski J., Galagan Y., Nano Energy 67, 104186 (2020).
- [3] Głowienka D., Di Giacomo F., Najafi M., Dogan I., Mameli A., Colberts F. J. M., Szmytkowski J., Galagan Y., ACS Appl. Energy Mater. 3, 8285-829 (2020).

Nieklasyczne stany i oddziaływania w dynamice z pośrednikiem

T. Paterek^{1,2}

¹*Instytut Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki,
Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki,
Uniwersytet Gdański,
ul. Wita Stwosza 57, 80-952 Gdańsk*

²*Instytut Fizyki,
Wydział Matematyki i Fizyki,
Uniwersytet Xiamen w Malezji,
43900 Sepang, Malezja
e-mail: tomasz.paterek@ug.edu.pl*

W wielu sytuacjach fizycznych możemy wyróżnić pośrednika, czyli podukład łączący inne, nieoddziałujące podukłady. Zdarza się, że pośrednik jest niedostępny do świadczeniu, a jednocześnie interesujące i czasem kluczowe jest pytanie, czy ma on cechy nieklasyczne. Konkretnym przykładem, który ostatnio wzbudził spore zainteresowanie, jest układ dwóch kwantowych mas oddziałujących grawitacyjnie. W moim wystąpieniu/plakacie chciałbym podsumować serię prac, w których wykazaliśmy na gruncie nierelatywistycznej mechaniki kwantowej, jakie cechy nieklasyczne pośrednika można wywnioskować z obserwacji wzrostu kwantowego splątania pomiędzy układami z nim oddziałującymi [1-4]. Okazuje się, że nieklasyczne cechy takiego układu i jego oddziaływań można wykryć przy minimalistycznych założeniach: nie trzeba znać stanu początkowego, wymiarów przestrzeni Hilberta, jawnych postaci oddziaływań, zaś podukłady mogą być otwarte na lokalne środowiska. Omawiane metody mogą być więc stosowane bardzo szeroko. Wspomnę o zastosowaniach w grawitacji [5, 6], biologii [7] i fizyce ciała stałego [8].

Bibliografia

- [1] Chuan T. K. *et al.*, Phys. Rev. Lett. 109, 070501 (2012).
- [2] Krisnanda T. *et al.*, Phys. Rev. Lett. 119, 120402 (2017).
- [3] Krisnanda T. *et al.*, Phys. Rev. A 98, 052321 (2018).
- [4] Ganardi R. *et al.*, arXiv:2303.12428 (2023).
- [5] Krisnanda T. *et al.*, npj Quant. Inf. 6, 12 (2020).
- [6] Kumar A. *et al.*, Quantum 7, 1008 (2023).
- [7] Krisnanda T. *et al.*, npj Quant. Inf. 4, 60 (2018).
- [8] Kon W. Y. *et al.*, Phys. Rev. B 100, 235103 (2019).

Ekskluzywna produkcja par taon-antytaon w zderzeniach ołów-ołów w eksperymencie ATLAS

K. Maj

*Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej,
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail: klaudia.burka@cern.ch*

Precyzyjne pomiary Modelu Standardowego oraz poszukiwania rozbieżności pomiędzy zmierzonymi wielkościami, a tymi obliczonymi w ramach teorii służą jako nieocenione narzędzia do testowania teorii na poziomie kwantowym oraz dostarczają informacji o stosowalności różnych scenariuszy z sektora fizyki poza Modelem Standardowym (BSM). Anomalne momenty magnetyczne elektronu i mionu, ze względu na niezwykle precyzyjną eksperymentalną na ich pomiary, są doskonałymi wielkościami do testowania założeń SM. W przypadku anomalnego momentu magnetycznego leptonu tau (τ) tylko wartość teoretyczna jest precyzyjnie oszacowana. Ze względu na krótki czas życia taonu, bezpośredni i dokładny pomiar jego anomalnego momentu magnetycznego stanowi eksperymentalne wyzwanie. W prezentacji przedstawię badania procesu $\gamma\gamma \rightarrow \tau^+\tau^-$ w odniesieniu do jego czułości na anomalny moment elektromagnetyczny leptonu τ w ultraperyferycznych zderzeniach ołów-ołów (Pb+Pb) w eksperymencie ATLAS przy energiach dostępnych na Wielkim Zderzaczu Hadronów.

Eksperyment ATLAS jest jednym z dwóch eksperymentów ogólnego przeznaczenia na Wielkim Zderzaczu Hadronów w CERN w Genewie. Został zaprojektowany bardzo precyzyjnie do poszukiwania bozonu Higgsa w zderzeniach proton-proton, który według przewidywań Modelu Standardowego rozpada się m.in. na dwa fotony. Bozon Higgsa został odkryty w roku 2012. Eksperyment ATLAS bierze również udział w programie jądrowym i przez około miesiąc w roku zbiera dane ze zderzeń ołów-ołów. Wiązki ołowiu mogą służyć jako źródło intensywnego strumienia wysokoenergetycznych fotonów. Takie fotony oddziałują ze sobą w różnoraki sposób stwarzając możliwości dla pomiarów ciekawych procesów fizycznych. Jednym ze zjawisk ostatnio zbadanych przy użyciu fotonów produkowanych w ultraperyferycznych zderzeniach ciężkich jonów jest rozpraszanie światła na świetle (ang. light-by-light scattering), w którym dwa fotony – cząstki światła – oddziałują ze sobą, rozpraszając się jak cząstki materii. Obserwacja tego rzadkiego procesu utorowała eksperymentalną drogę do kolejnego wyzwania jakim jest próba precyzyjnego pomiaru anomalnego momentu magnetycznego leptonu tau. W elektrodynamice kwantowej anomalny moment magnetyczny cząstki miarą wpływu efektów mechaniki kwantowej na moment magnetyczny tej cząstki. Zgodnie z równaniem Diraca moment magnetyczny cząstki jest wyrażony przy pomocy współczynnika $g = 2$. W przypadku cząstek takich jak elektron

ten klasyczny wynik różni się od obserwowanej wartości o niewielki ułamek procenta. Wszelkie odchylenia od $g = 2$ torują drogę do poszukiwań tak zwanej nowej fizyki, czyli do odkrywania zjawisk, które nie są opisane przez, dotychczas obowiązujący, Model Standardowy. W szczególności, duże wartości anomalnego momentu magnetycznego mogą wskazywać na wewnętrzną strukturę cząstki – tak jak w przypadku protonu, który składa się z naładowanych kwarków.

Energia, pęd i entropia w ogólnej teorii względności i mechanice kwantowej

P. Gusin

*Katedra Technologii Kwantowych,
Wydział Podstawowych Problemów Techniki,
Politechnika Wrocławska,
ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, Wrocław 50-370*

Streszczenie

Połączenie grawitacji z teorią kwantową jest nadal odległym przedsięwzięciem. Z jednej strony klasyczna grawitacja, to geometria czasoprzestrzeni wyznaczana przez tensor energii-pędu materii i wynikające stąd nieliniowe równania, z drugiej strony matematyczny opis układu kwantowego, to przestrzeń Hilberta z liniowymi równaniami opisującymi ewolucję. W swoim wystąpieniu przedstawię *różne* miary odległości w przestrzeni Hilberta. Ogólnie można podzielić miary odległości w przestrzeni Hilberta na miary wyznaczone przez energię oraz miary wyznaczone przez entropię. Miary entropowe wyznaczają kwasi-odległość, ponieważ nie spełniają wszystkich aksjomatów określających odległość. Znalezienie ogólnej zasady, pozwalającej wyznaczyć w sposób jednoznaczny taką miarę, wydaje się być zasadnicze.

Wstęp

Co określa metrykę, czyli sposób pomiaru odległości na danej rozmaitości? W przypadku fizyki klasycznej odpowiedzi dostarcza ogólna teoria względności (OTW). Metryki są określane przez rozkład mas i prądów materii. Nowoczesne podejście do tego problemu zostało zapoczątkowane w pracy Clifforda [1] z 1876 roku. Trzydzieści dzie więć lat później Einstein podaje rozwiązanie w postaci ogólnej teorii względności.

W przypadku fizyki kwantowej, w której stany są określone w przestrzeni Hilberta, nie istnieje taka pojedyncza miara odległości. Wręcz przeciwnie, istnieje wiele miar odległości między stanami, ale żadna z nich nie wynika z jakiegś fundamentalnej zasady. Takie miary są znane i używane w kwantowej teorii informacji, a następnie z nadzieją stosowane w pracach związanych z kwantową grawitacją, np. w [2].

Klasyczne pojęcie, opisujące układ fizyczny, to lagrangian z którego otrzymuje się tensor energii-pędu. Ogólna teoria względności łączy tensor energii-pędu z geometrycznymi własnościami czasoprzestrzeni czyli z tensorem Riemanna. Natomiast kwantowe pojęcie, opisujące układ do macierz gęstości. I nie istnieje żadna teoria, związek pozwalający powiązać macierz gęstości z kwantowymi własnościami czasoprzestrzeni, ponieważ takie pojęcia nie istnieją. Czy w takim razie są jakieś wskazówki w istniejących już teoriach, które by pozwalały na utworzenie takich pojęć?

Pierwszą taką wskazówką może być pojęcie entropii wyznaczone przez macierz gęstości. Należy poszukiwać rozszerzenia pojęcia entropii w analogiczny sposób, jak gęstość energii i gęstość pędu łączą się w tensorze energii-pędu.

Drugą taką wskazówką jest geometrodynamika [3]. Jednym ze sposobów znalezienie kwantowej teorii grawitacji jest próba kwantowania ogólnej teorii względności za pomocą kwantowania kanonicznego. W tym podejściu fundamentalną rolę odgrywa równanie Wheelera-De Witta (WDW). Dzięki temu podejściu uzyskano wiele interesujących wyników np. [4-6]. Tak więc pojęcia, pozwalające opisywać kwantową czasoprzestrzeń powinny być otrzymane w ramach geometrodynamiki z równania WDW. Wyznaczenie odpowiednich operatorów, których wartości oczekiwane na rozwiązaniach równania WDW dawałaby się powiązać z rozszerzonym pojęciem entropii.

Bibliografia

- [1] Clifford W. K., On the Space Theory of Matter, Proc. Cambridge. Phil. Soc. 2, 157-158 (1864-1876).
- [2] Susskind L., Three Lectures on Complexity and Black Holes, arXiv:1810.11563.
- [3] Misner C. W., Thorne K. S., Wheeler J. A., Gravitation, Freeman, San Francisco (1973).
- [4] Graham R., Szépfalusi P., Quantum creation of a generic universe, Phys. Rev. D 42, 2483-2490 (1990).
- [5] Gusin P., Wheeler-DeWitt equation for brane gravity, Phys. Rev. D 77, 066017 (2008).
- [6] Vieira H. S., V. B. Bezerra, Class of solutions of the Wheeler-DeWitt equation in the Friedmann-Robertson-Walker universe, Phys. Rev. D 94, 023511 (2016).

Modelowanie rozpadu cząsteczek heterocyklicznych za pomocą metod chemii kwantowej

M. Łabuda

*Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: marta.labuda@pg.edu.pl*

Od kilku lat nasze zainteresowania koncentrują się na badaniach wpływu promieniowania jonizującego na środowisko biologiczne [1, 2]. Z aplikacyjnego punktu, badania tego typu mają ogromne znaczenie w medycynie, a szczególnie w badaniach nad uszkodzeniami DNA i RNA oraz w radioterapii. W szczególności, rozerwanie pojedynczej i podwójnej nici DNA, spowodowane przejściem promieniowania przez tkankę, jest jednocześnie głównym mechanizmem powodującym zmiany nowotworcze oraz czynnikiem kontrolującym niszczenie komórek. Poznanie i identyfikacja ścieżek tych reakcji jest obecnie najbardziej efektywnym sposobem uszkodzania DNA i ma duży wpływ na odkrywanie potencjalnych procesów naprawczych tkanek [3, 4].

Uszkodzenia te na poziomie molekularnym są wynikiem zdarzeń fizycznych: deponowania ilości energii do układu oraz wytwarzania zjonizowanych i wzbudzonych stanów cząsteczek, biorących udział w reakcjach lub zdarzeń chemicznych: produkcji rodników i innych cząsteczek, produktów rozpadu reakcji. Z perspektywy fizyka, w przypadku badań teoretycznych i doświadczalnych na poziomie molekularnym oznacza to badanie procesów fragmentacji i dysocjacji cząsteczek, które stanowią modele strukturalne składników DNA i RNA.

Z punktu widzenia teorii bezpośrednim i najbardziej istotnym celem badawczym jest zatem rozwinięcie metodologii, umożliwiającej opis procesu rozpadu cząsteczek w różnych podejściach:

- (1) przy użyciu metody dynamiki molekularnej, dzięki której będzie możliwy statystyczny opis procesów zachodzących podczas zderzenia, a także identyfikacja kanałów rozpadu cząsteczek w czasie;
- (2) poprzez badanie energetycznych aspektów rozpadu, czyli eksplorację powierzchni energii potencjalnej
- (3) zastosowaniem nowego podejścia w oparciu o założenia mechaniki statystycznej, umożliwiającego reprodukcję widm masowych cząsteczek, a co za tym idzie – bezpośrednią weryfikację z eksperymentem [5, 6].

Konsekwencją ostatniego założenia jest również adaptacja i implementacja numeryczna użytej metody. W szczególności, zaproponowane ujednolicone podejście metodologiczne zastosowano do badania oddziaływań i poznania mechanizmów procesów

zachodzących w cząsteczkach pierścieniowych (organiczne związki heterocykliczne, z ang. heterocyclic organic molecules (HOMs)). W naszych badaniach HOMs to wybrane pięcio- i sześćo-członowe związki jak: furan (C_4H_4O), izoksazol (C_3H_3NO), pirydyna (C_5H_5N) i pirymidyna ($C_4H_4N_2$) oraz ich analogi. Mogą one służyć jako proste analogi i prototypy składników struktury DNA (kwasy nukleinowe, deoxyryboza) w kontekście badań nad wpływem promieniowania jonizującego na materiał biologiczny. W prezentacji przedstawię otrzymane rezultaty obliczeń dla wybranych układów.

Podziękowania

Praca powstała w ramach Europejskiego Programu Współpracy w Dziedzinie Badań Naukowo-Technicznych (COST) sieci *Molecular Dynamics in the Gas Phase* (MD-GAS). Autorka pragnie podziękować również Centrum Informatycznemu Trójmiejskiej Akademickiej Sieci Komputerowej za dostęp do zasobów komputerów dużej mocy obliczeniowej.

Bibliografia

- [1] Erdmann E., M. Łabuda, Aguirre N. F., Díaz-Tendero S., Alcamí M., J. Phys. Chem. A 122, 4153-4166 (2018).
- [2] Erdmann E., Bacchus M.-C., Łabuda M., Phys. Chem. Chem. Phys. 19, 19722-19732 (2017).
- [3] Belkić D., Fast Ion-Atom and Ion-Molecule Collisions, World Scientific (2012).
- [4] Whelan C, Fragmentation Processes: Topics in Atomic and Molecular Physics, Cambridge Press (2012).
- [5] Zettergren H., Domaracka A., Schlathölter T., Łabuda M. et al., Eur. Phys. J. D 75, 152 (2021).
- [6] Erdmann E., ..., M. Łabuda, Phys. Chem. Chem. Phys. 23, 1859-1867 (2021).

Dynamics of Photoinduced Processes in the Diatomic Polar Molecules

P. Jasik^{1,2}, J. Kozicki^{1,3}, T. Kilich^{1,3}, J. E. Sienkiewicz^{1,3}

¹*Division of Theoretical Physics and Quantum Information,
Institute of Physics and Computer Science,
Faculty of Applied Physics and Mathematics,
Gdańsk University of Technology,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk*

²*BioTechMed Center,
Gdańsk University of Technology,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk*

³*Advanced Materials Center,
Gdańsk University of Technology,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: patryk.jasik@pg.edu.pl*

Quantum dynamics is a growing discipline at the interface of chemistry, physics, and materials science. It allows to study the behavior of objects in a way that emphasizes the quantum nature of their evolution in time. Quantum dynamics simulations are an indispensable tool for investigating processes such as chemical reactions, field-atoms interactions, and quantum computing. The particular emphasis is focused on investigating the photoinduced dynamics of breaking (dissociation) and creating (association) of the chemical bonds in the molecular systems. In the present work, we focus our attention on the theoretical time-dependent descriptions of the photoassociation and photodissociation processes in the polar alkali diatomic molecules. We investigate the photoinduced processes based on the high accuracy rovibrational and electronic structure of the polar alkali diatomic molecules, appropriate permanent and transition dipole moment functions (TDMF), and various types of coupling matrix elements, such for example nonadiabatic couplings or spin-orbit couplings. In the quantum simulations, we use our newly-developed quantum dynamics code that allows us to study the dynamics of multiple coupled states under the influence of an arbitrary time-dependent external field to investigate the femtosecond laser-driven processes like association and dissociation.

Spektroskopia molekuł dwuatomowych – użyteczne narzędzie do badań astrofizycznych

W. Szajna¹, R. Kępa¹, A. Para², I. Piotrowska¹,
S. Ryzner¹, A. Stasik¹, R. W. Field³, A. N. Heays⁴,
S. N. Yurchenko⁵, J. Tennyson⁵, M. Semenov⁵, R. Hakalla¹

¹*Laboratorium Spektroskopii Materiałów,
Instytut Nauk Fizycznych,
Kolegium Nauk Przyrodniczych,
Uniwersytet Rzeszowski,
ul. Pigonia 1, 35-310 Rzeszów*

²*Instytut Nauk o Kulturze Fizycznej,
Kolegium Nauk Medycznych,
Uniwersytet Rzeszowski,
ul. Cicha 2, 35-326 Rzeszów*

³*Department of Chemistry,
Massachusetts Institute of Technology,
Cambridge, MA02139, USA*

⁴*J. Heyrovský Institute of Physical Chemistry,
Dolejškova 2155/3, Prague 8 182 23, Czech Republic*

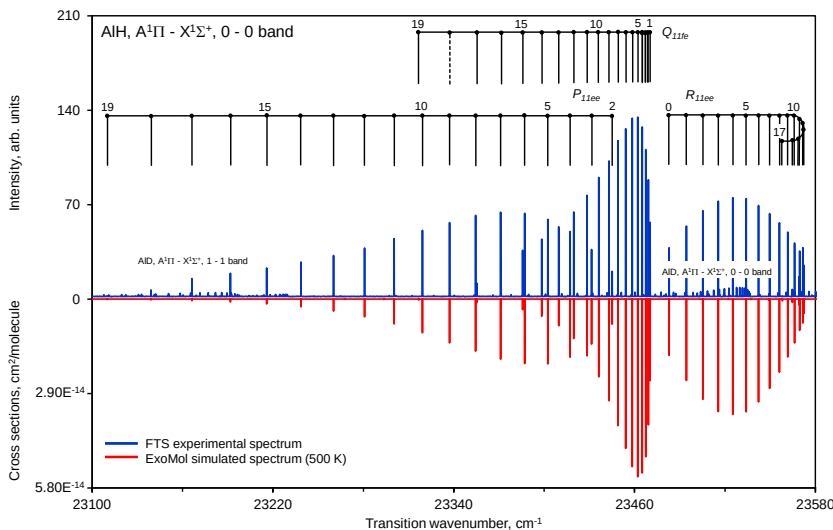
⁵*Department of Physics and Astronomy,
University College London,
London, WC1E 6BT, UK
e-mail: wszajna@ur.edu.pl*

Molekuły dwuatomowe stanowią najliczniejszą grupę molekuł obserwowanych w materii międzygwiazdowej [1], a cząsteczka CH była pierwszą, której obecność zidentyfikowano w środowisku pozaziemskim [2, 3]. Ta sytuacja stawia molekuły dwuatomowe w roli swobodnego markera, pozwalającej na badanie i modelowanie warunków fizyko-chemicznych panujących w środowisku otoczenia gwiazd, planet i egzoplanet [4]. Warunkiem niezbędnym do prowadzenia tych badań jest posiadanie wysokiej jakości laboratoryjnych widm molekularnych (Rysunek 1), umożliwiających ich bezbłędną identyfikację w obserwowanym promieniowaniu odległych obiektów [5].

Przedmiotem referatu będzie prezentacja badań prowadzonych w Laboratorium Spektroskopii Materiałów UR nad widmami molekuł dwuatomowych tj. CO, CO⁺, AlH, AlH⁺, CH oraz CH⁺ oraz wykorzystanie wybranych rezultatów [6, 7] w obserwacjach astrofizycznych.

Podziękowania

Część doświadczalna została zrealizowana w Centrum Innowacji i Transferu Wiedzy Techniczno-Przyrodniczej UR (Regionalny Program Operacyjny Województwa Podkarpackiego na lata 2007-2013, RPPK.01.03.00-18-001/10).



Rysunek 1: Pasma 0 – 0 układu $A^1\Pi - X^1\Sigma^+$ w molekule AlH. Kolorem niebieskim oznaczono widmo FT-VIS zarejestrowane w emisji przy rozdzielczości aparaturowej 0.03 cm^{-1} , SNR ok. 9000 : 1 oraz FWHM linii ok. 0.08 cm^{-1} . Bezwzględna dokładność wyznaczenia położenia linii wyniosła 0.0020 cm^{-1} . Kolorem czerwonym oznaczono widmo symulowane [4, 8] przy założeniu temperatury rotacyjnej 500 K, w celu najlepszego odwzorowania obserwowanych intensywności linii widmowych

Bibliografia

- [1] The Cologne Database for Molecular Spectroscopy, Molecules in Space, <https://cdms.astro.uni-koeln.de/classic/molecules> (dostęp 04.10.2022).
- [2] Swings P., Rosenfeld L., *Astrophys. J.* 86, 483-486 (1937).
- [3] McKellar A., *Pub. Astron. Soc. Pac.* 52, 312-318 (1940).
- [4] Yurchenko S. N., Williams H., Leyland P. C., Lodi L., Tennyson J., *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 479, 1401-1411 (2018).
- [5] Pavlenko Y. V., Tennyson J., Yurchenko S. N., Schmidt M. R., Jones H. R. A., Lyubchik Y., Mascareno A. S., *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 516, 5655-5673 (2022).
- [6] Szajna W., Zachwieja M., *Eur. Phys. J. D.* 55, 549-555 (2009).
- [7] Szajna W., Kępa R., Para A., Piotrowska I., Ryzner S., Field R. W., Heays A. N., Hakalla R., *J. Mol. Spectrosc.* 391, 111735 (2023).
- [8] ExoMol, Cross section data for $^{27}\text{Al}^1\text{H}$, <https://www.exomol.com/xsec/27Al-1H/> (dostęp 04.10.2022).

Exploring the Limits of Ab Initio Electronic Structure Methods: AlF Case Study

M. Gronowski

*Institute of Physical Chemistry,
Polish Academy of Sciences,
ul. Kasprzaka 44, 01-224 Warsaw*

The AlF molecule is a good candidate for laser cooling experiments and subsequent precision measurements to test fundamental laws of physics. We analyzed the limits of current state-of-the-art electronic structure methods in reproducing the spectroscopic properties of AlF. In order to do this, we developed a scheme for systematically estimating the uncertainty of theoretical computations and found that quantum electrodynamic and non-adiabatic effects are much larger than the resolution of a typical spectroscopic experiment.

Słabe wiązania międzyatomowe w laboratorium: jak badać cząsteczki vdW?

J. Koperski

*Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Jagielloński,
ul. prof. St. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków*

Słabo związane dwuatomowe cząsteczki van der Waalsowskie (vdW) są interesującymi obiektami fizycznymi. Badanie właściwości międzyatomowego wiązania w nich występującego jest ciekawym problemem badawczym. Podstawową trudnością jednak jest wytworzenie cząsteczek vdW, gdyż w warunkach normalnych natychmiast dysocjują. Technika stosowaną jest wiązka naddźwiękowa, a metodą badawczą laserowe wzbudzenie jedno- lub dwustopniowe oraz detekcja widm wzbudzenia i/lub widm emisji. Przedstawione zostaną metody, z których korzysta się, aby z zarejestrowanych widm otrzymać potencjał cząsteczkowy jak najbliższy rzeczywistości w szerokim zakresie odległości międzyjądrowych, a wyniki zastosować do takich procesów, jak np. laserowe chłodzenie molekuł czy generacja splątania kwantowego między atomami.

Kwantowy kinetyczny efekt izotopowy w zderzeniach atomów z molekułami dwuatomowymi w niskich temperaturach

M. Pawlak

*Katedra Chemii Kwantowej i Spektroskopii Atomowej,
Wydział Chemii,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu,
ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń
e-mail: teomar@chem.umk.pl*

Podczas wystąpienia przedstawię bardzo dokładne wyniki teoretyczne stałych szybkości reakcji dla subkelwinowych zderzeń wzbudzonych metastabilnych atomów helu z cząsteczkami wodoru oraz z jego izotopologami. Otrzymane rezultaty potwierdzają niedawno doświadczalnie zaobserwowany silny kwantowy kinetyczny efekt izotopowy w niskoenergetycznych reakcjach jonizacji Penninga. Ponadto pokażę, jak istotnie efekty niesztynności molekuł wpływają na pozycje i intensywności rezonansów w zimnych zderzeniach atom-molekuła.

Laserowa spektroskopia polaryzacyjna –
cząsteczki metali alkalicznych

W. Jastrzębski

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

The Effects of Crowding on Enzyme Function: The Case of a Viral Protease

J. Trylska

*Centre of New Technologies,
University of Warsaw,
ul. S. Banacha 2c, 02-097 Warszawa*

Biochemical processes in cells, including enzyme-catalyzed reactions, occur in crowded conditions with various background macromolecules occupying up to 40% of the cytoplasm's volume. Consequently, viral enzymes in the host cell also encounter crowded conditions. We focus on one such enzyme, named the NS3/4A protease, encoded by the hepatitis C virus. This protease is crucial for viral replication and is used as a therapeutic target.

To gain an understanding of how the crowded environment affects the activity of this protease, we performed experimental and computational studies. The crowded milieu was mimicked by synthetic polymers: polyethylene glycol (PEG) and branched polysucrose (Ficoll). Using a spectroscopic assay with a fluorogenic peptide substrate, we found that PEG slowed down and Ficoll enhanced the reaction catalysed by NS3/4A. However, Ficoll increased the inhibition constant (K_i) of the telaprevir by about 40%, while the same concentration of PEG did not affect the inhibitory activity of this drug.

To explain the reasons for these observations, we performed extensive atomistic molecular dynamics simulations of NS3/4A in the presence of PEG and Ficoll crowders as well as substrates. As expected, the diffusion of the protease, crowders, and substrates was reduced in the simulations with the crowding agents, although to a different extent. The crowders also promoted the folding of the NS3/4A disordered fragments to a helical conformation potentially helping in membrane anchoring of the protease that is necessary in the host cell. Importantly, we found that the crowders not only physically restricted the space but formed up to several nanosecond long interactions with the enzyme and substrates. Both crowders enhanced the presence of substrates near the active site, with Ficoll crowders increasing substrate binding more than PEGs. Overall, we have demonstrated that the crowder type can modulate the effect of crowding not only on the enzymatic reaction but also on the kinetics of its inhibition and provided atomistic details of the interactions between the substrates, crowders and the enzyme. The results bring us closer to answering the question of how cellular crowding modulates the behaviour observed during *in vitro* biophysical experiments and simulations which is key for inhibitor design.

References

- [1] Popielec A., Ostrowska N., Wojciechowska M., Feig M., and Trylska J., The effect of the crowded environment on the activity and inhibition of the NS3/4A protease, *Biochimie* 176, 169-180 (2020).
- [2] Ostrowska N., Feig M., and Trylska J., Crowding affects structural dynamics and contributes to membrane association of the NS3/4A complex, *Biophys. J* 20, 3795-3806 (2021).
- [3] Ostrowska N., Feig M., and Trylska J., Varying molecular interactions explain crowder-dependent enzyme function of a viral protease, *BioRxiv/2022/520723*.

Cryo-Electron Microscopy – Revolution in Molecular Biology

M. Nowotny

*International Institute of Molecular and Cell Biology,
ul. Księcia Trojdena 4, 02-109 Warszawa*

Structural biology aims at determining the mechanisms of biological macromolecules (in particular proteins and nucleic acids) at the level of individual atoms. Over the years, protein crystallography dominated the field producing hundreds of thousands of high-quality and often very high resolution atomic structures. Cryo-electron microscopy (cryo-EM) lagged behind, usually providing low-resolution structural information which precluded building atomistic models of the studied molecules. Approximately ten years ago, thanks to the development of new types of cameras and new algorithms, cryo-EM underwent a sweeping revolution and now provides structural information at resolutions comparable to crystallography. This allowed structural studies of macromolecules which were out-of-reach for crystallography and structural biology, mostly because they could not be coaxed to crystallize due to their complicated architectures and flexibility. In this talk, I will present the basic principles of cryo-EM and show our recent results obtained using this methodology which explained the mechanism of action of proteins involved in DNA transposition and DNA repair.

Diffusion in the Cell Cytoplasm and Cell Nucleus

R. Hołyst

*Institute of Physical Chemistry,
Polish Academy of Sciences,
ul. Kasprzaka 44/52, 01-234 Warszawa*

The diffusion of molecules/particles in living cells and complex liquids does not agree with the Einstein's equation, often by many orders of magnitude. The equation relates the diffusion coefficient to the size of the diffusing object and the viscosity of the liquid. We corrected the Einstein formula and determined what we call length-scale dependent viscosity in cells/complex liquids. The diffusion in mammalian cell cytoplasm is largely unobstructed up to the scale of physical gel which is $\sim 100\text{-}150$ nm (for HeLa cell). Above this scale, free diffusion across the cell is very strongly hindered. The diffusion in the cell's nucleus occurs in wide channels of size ~ 150 nm, which percolate across the nucleus and occupy $1/3$ of its volume. The viscosity in the channels is not much larger than the viscosity of water. Examples will be given for mammalian and bacteria cells. In bacteria cells, the viscosity very strongly depends on the length scale, changing from water viscosity at ~ 1 nm scale to 10^4 times larger viscosity at ~ 100 nm. Interestingly, the mammalian cell maintains the same nanoscale viscosity (probed by GFP) during the whole cell's cycle (36 h) including the division phase, despite dramatic changes in the cell's structure.

Żaluzje molekularne w oku

W. I. Gruszecki

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

Fizycy, poznawszy optykę narządu wzroku, podobnie jak i biolodzy, rozwikławszy złożone mechanizmy działania fotoreceptorów, uznali już dawno tajemnicę funkcjonowania oka ludzkiego za rozwiązaną. Okazało się, że biofizycy właśnie odkryli interesujący i ważny mechanizm, związany z regulacją dopływu fotonów do fotoreceptorów [1]. Mechanizm ten, nazwany „żaluzjami molekularnymi”, otwiera fotonom drogę do fotoreceptorów w warunkach słabego oświetlenia oraz zamyka przy wysokim natężeniu światła, chroniąc w ten sposób siatkówkę przed foto-destrukcją. Działanie „żaluzji molekularnych” opiera się na foto-izomeryzacji barwników ksantofilowych, luteiny i zeaksantyny, występujących w szczególnie wysokiej koncentracji w plamce żółtej naszego oka. W trakcie wystąpienia przedstawione zostaną mechanizmy molekularne, leżące u podstaw funkcjonowania tego mechanizmu oraz rekomendacje dietetyczne, które pomogą nam zachować dobre widzenie przez długie lata życia.

Bibliografia

- [1] Luchowski R., Grudziński W., Welc R., Mendes Pinto M. M., Sek A., Ostrowski J., Nierzwicki L., Chodnicki P., Wieczor M., Sowinski K., Rejdak R., Juenemann A. G. M., Teresinski G., Czub J., Gruszecki W. I., Light-Modulated Sunscreen Mechanism in the Retina of the Human Eye, J. Phys. Chem. B 125, 6090-6102 (2021).

Łamiące Regułę Hunda cząsteczki jako prekursorzy nowych materiałów optoelektronicznych

A. L. Sobolewski

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

Prawie sto lat temu Friedrich Hund sformułował swoje sławne zasady, zgodnie z którymi, dla danej konfiguracji elektronowej term z maksymalną wartością multipletowości ma najniższą energię [1]. Reguła ta stanowi podstawę dla diagramu Jabłońskiego powszechnie stosowanego przy dyskusji spektroskopii i fotofizyki cząsteczek [2]. Pierwsze stabilne łamiące tę Regułę cząsteczki zostały przewidziane przy wykorzystaniu metod ab initio teorii struktur elektronowych dopiero w roku 2019 [3, 4]. Dalsze badania teoretyczne wykazały, że cząsteczki te reprezentują szeroką klasę związków organicznych, w których najniższy wzbudzony stan singletowy (S1) leży poniżej wzbudzonego stanu trypletowego (T1) [5].

Odkrycie to może mieć ważne praktyczne konsekwencje w dziedzinie organicznych diod luminescencyjnych (OLED), gdzie – zgodnie ze statystyką spinową – rekombinacja wytworzonych napięciem elektrycznym ładunków prowadzi do utworzenia (emitujących) singletów i (ciemnych) trypletów w stosunku 1:3. Oznacza to, że wydajność kwantowa luminescencji tych materiałów nie może nominalnie przekraczać 25%. Łamiące Regułę Hunda cząsteczki (IST) mogą stanowić podstawę dla nowej generacji organicznych materiałów optoelektronicznych, które mogą osiągać 100% wydajność konwersji elektronów w fotony [6].

W prezentacji przedstawione zostaną wyniki obliczeń kwantowo-chemicznych, przeprowadzonych dla szerokiej klasy cząsteczek typu IST w celu zrozumienia fundamentalnych mechanizmów elektronowych i strukturalnych, leżących u podstaw tego zjawiska.

Podziękowania

Prace prowadzono w ramach projektu OPUS nr 2020/39/B/ST4/01723.

Bibliografia

- [1] Hund F., Z. Phys. 40, 742 (1927).
- [2] Jabłoński A., Nature 131, 839 (1933).
- [3] Ehrmaier J., Rabe E., Pristash S., Corp K., Schlenker C., Sobolewski A. L., Domcke W., J. Phys. Chem. A, 123, 8099-8108 (2019).
- [4] de Silva P., J. Phys. Chem. Lett. 10, 5674 (2019).
- [5] Pios S., Huang X., Sobolewski A. L., Domcke W., PCCP 23, 12968-12975 (2021).
- [6] Sobolewski A. L., Domcke W., J. Phys. Chem. Lett. 12, 6852-6860 (2021).

Dyspersyjna spektroskopia molekularna we wnękach optycznych

D. Lisak

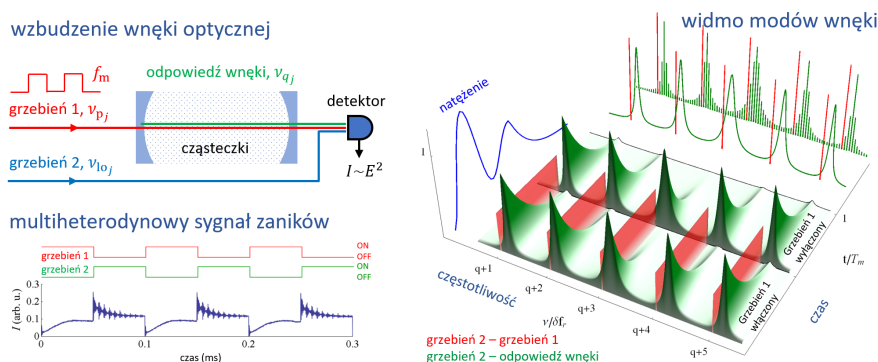
*Instytut Fizyki,
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika,
ul. Grudziądzka 5/7, 87-100 Toruń
e-mail: dlistak@umk.pl*

W trakcie wykładu opowiem o nowych metodach spektroskopii we wnękach optycznych, które rozwijamy na UMK w Toruniu i ich zastosowaniach. Wnęka optyczna pozwala nie tylko na zwiększenie czułości pomiaru absorpcji, ale też na pomiar dyspersji, co umożliwia dowiązanie obydwu osi widna do atomowego wzorca częstotliwości. Spektroskopia dyspersyjna modów wnęki (*cavity mode dispersion spectroscopy*, CMDS) [1] wykorzystuje pomiar przesunięcia częstotliwości modów wnęki optycznej, powodowanego przez rezonansową dyspersję ośrodka gazowego wewnątrz wnęki, powiązaną relacjami Kramersa-Kroniga z liniami absorpcyjnymi. Dzięki dowiązaniu fazowemu lasera do modu eliminowany jest wpływ szumów częstotliwości, a pomiar widna cechuje się wysokim zakresem dynamicznym [2]. Widmo molekularne wyznaczane jest nie z pomiaru natężenia światła, lecz jego częstotliwości, co eliminuje systematyczne błędy charakterystyczne dla pomiarów absorpcyjnych i ułatwia kalibrację spektrometru. Stosując CMDS zademonstrowaliśmy pierwsze pomiary natężeń molekularnych linii widmowych z sub-promilową dokładnością [3]. Uzyskana zgodność pomiarów między trzema grupami doświadczalnymi i obliczeniami teoretycznymi dla cząsteczki CO otwiera nowe możliwości w badaniach atmosfery Ziemi i innych planet. W szczególności pomiary satelitarne źródeł i dynamiki emisji gazów cieplarnianych w atmosferze wymagają bardzo dokładnych danych referencyjnych. CMDS pozwala też zwiększyć zakres dynamiczny bezdopplerowskiej spektroskopii nasyceniowej [4], ze względu na niewrażliwość dopplerowskiego podkładu dipu Lamba na nasycenie absorpcji.

Spektroskopia strat we wnęcie (*cavity ring-down spectroscopy*, CRDS) pozwala na dokładny i wysokorozdzielczy pomiar słabych absorpcyjnych linii widmowych. Za pomocą CRDS z dowiązaniem do atomowego wzorca częstotliwości UTC(AOS) uzyskaliśmy m.in. najdokładniejsze porównanie częstotliwości słabego przejścia kwadrupolowego w cząsteczce deuteru z obliczeniami elektrodynamiki kwantowej [5]. Uzyskanie dokładnych położenia linii wymaga wiernego odwzorowania kształtu badanych widm molekularnych i opracowania modelu zderzeniowych efektów kształtu linii widmowej.

Prace nad połączeniem zalet CRDS i CMDS doprowadziły do nowej metody *cavity buildup dispersion spectroscopy*, CBDS [6], bazującej na detekcji odpowiedzi wnęki na szybkie włączenie lasera i cechującej się szybkością pomiaru potencjalnie

wyższą niż CRDS, przy jednoczesnym pomiarze absorpcji i dyspersji. Rozwinięciem tej idei jest równoległy pomiar odpowiedzi wnęki na jednoczesne wzbudzenie wielu modów grzebieniem częstotliwości optycznych. Szerokopasmowy jednoczesny pomiar absorpcji i dyspersji jest tu możliwy poprzez zdudnienie odpowiedzi wnęki z drugim grzebieniem o odstrojonej częstości repetycji (*dual-comb cavity ring-down spectroscopy*, DC-CRDS) [7]. Schemat ten (Rysunek 1) umożliwił pierwszą demonstrację równoległego CRDS o rozdzielczości limitowanej tylko szerokością modów wnęki i pozwalającym na jednoczesny pomiar widma absorpcji i dyspersji.



Rysunek 1: Idea spektroskopii *dual-comb cavity ring-down* (DC-CRDS). Szczegóły w Ref. [7]

Bibliografia

- [1] Cygan A., Wcisło P., Wójtewicz S., Masłowski P., Hodges J. T., Ciuryło R., Lisak D., Opt. Express 23, 14472 (2015).
- [2] Cygan A., Wcisło P., Wójtewicz S., Kowzan G., Zaborowski M., Charczun D., Bielska K., Trawiński R. S., Ciuryło R., Masłowski P., Lisak D., Opt. Express 27, 21810 (2019).
- [3] Bielska K., Kyuberis A. A., Reed Z. D., Li G., Cygan A., Ciuryło R., Adkins E. M., Lodi L., Zobov N. F., Ebert V., Lisak D., Hodges J. T., Tennyson J., Polyansky O. L., Phys. Rev. Lett. 129, 043002 (2022).
- [4] Bielska K., Cygan A., Konefał M., Kowzan G., Zaborowski M., Charczun D., Wójtewicz S., Wcisło P., Masłowski P., Ciuryło R., Lisak D., Opt. Express 29, 39449 (2021).
- [5] Zaborowski M., Słowiński M., Stankiewicz K., Thibault F., Cygan A., Jóźwiak H., Kowzan G., Masłowski P., Nishiyama A., Stolarczyk N., Wójtewicz S., Ciuryło R., Lisak D., Wcisło P., Opt. Lett. 45, 1603 (2020).
- [6] Cygan A., Fleisher A. J., Ciuryło R., Gillis K. A., Hodges J. T., Lisak D., Commun. Phys. 4, 14 (2021).
- [7] Lisak D., Charczun D., Nishiyama A., Voumard T., Wildi T., Kowzan G., Brasch V., Herr T., Fleisher A. J., Hodges J. T., Ciuryło R., Cygan A., Masłowski P., Sci. Rep. 12, 2377 (2022).

Spektroskopia laserowa wykorzystująca półprzewodnikowe grzebienie częstotliwości optycznej

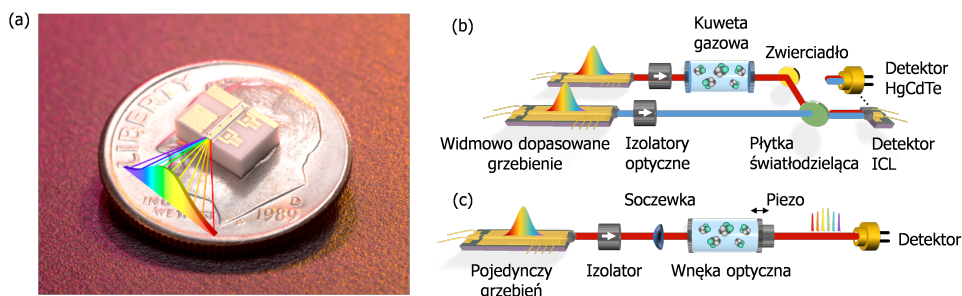
Ł. A. Sterczewski

*Grupa Elektroniki Laserowej i Światłowodowej,
Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów,
Politechnika Wrocławska
ul. Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
e-mail: lukasz.sterczewski@pwr.edu.pl*

Grzebienie częstotliwości optycznej zostały docenione przez Komitet Noblowski w 2005 roku za bycie kamieniem milowym w rozwoju precyzyjnej metrologii i spektroskopii molekularnej [1]. Ich niezwykła struktura widmowa łączy wąską linię emisyjną lasera z szerokopasmowym pokryciem, charakterystycznym dla niespójnych źródeł termicznych. Z punktu widzenia potencjalnych aplikacji grzebieni poza laboratorium, emisja laserowa w szerokim zakresie jest istotna dla monitorowania środowiska pod kątem zanieczyszczeń złożonymi związkami organicznymi. Przykładem może być rakotwórczy benzopiren, który powstaje wskutek niecałkowitego spalania śmieci lub węgla w zbyt niskiej temperaturze.

Ten, oraz wiele innych lotnych substancji o kluczowym znaczeniu dla środowiska, może być wykrywany spektroskopowo w zakresie średniej podczerwieni (3-8 μm). Ponieważ szczegóły widmowe takich związków w warunkach normalnych często mają setki gigaherców szerokości, utrudnia to wykorzystanie do ich detekcji wąsko-przestrajalnych półprzewodnikowych laserów jednomodowych. To właśnie motywuje użycie grzebieni optycznych do monitorowania stężenia lotnych substancji organicznych (VOC) w powietrzu. Optymalny region do tego celu to wspomniana wcześniej średnia podczerwień – nie tylko ze względu na duży przekrój czynny na absorpcję molekuł, ale również mniejsze rozpraszanie dłuższych fal przez mgłę, deszcz czy kurz. Odpowiedzią na te wymagania są kompaktowe półprzewodnikowe źródła laserowe o strukturze rzadkiego grzebienia (tj. o dużych, GHz odstępach między liniami). Dzięki natywnej emisji laserowej w pożądanym zakresie widmowym, a nie poprzez nieliniową konwersję częstotliwości z telekomunikacyjnych długości fal (1.5 μm), uzyskuje się dużą moc optyczną na pojedynczą linię (100 μW -1 mW) oraz szerokie pokrycie (> 1 THz). Przykładem takich źródeł są kwantowe lasery kaskadowe (QCL) [2], międzypasmowe lasery kaskadowe (ICL) [3] (Rysunek 1a) oraz lasery diodowe [4].

Wysoka spójność czasowa i przestrzenna grzebieni, wytwarzanych samoczynnie przez lasery półprzewodnikowe, pozwala na ich użycie w technikach spektroskopowych pozbawionych wolnych ruchomych elementów optycznych. Przykładem jest technika dwugrzebieniowa [5] (Rysunek 1b), gdzie para grzebieni o różnych odstępach międzymodowych wytwarza powtarzający się elektryczny sygnał multi-heterodyny na fo-



Rysunek 1: (a) Międzypasmowy laser kaskadowy (ICL) emitujący grzebień częstotliwości. (b) Spektroskopia dwugrzebieniowa. (c) Spektroskopia Verniera

totektorze. Zamiast jednej linii mikrofalowej, otrzymuje się grzebień częstotliwości radiowych, w którym każda linia niesie informację o jednym z zębów grzebienia optycznego próbującego otoczenie. W ten sposób informacja z dziedziny optycznej przeniesiona jest do dziedziny elektrycznej. Mikrosekundowe szybkości pomiarów uzyskiwane tą techniką otwierają szerokie możliwości w badaniu dynamiki reakcji chemicznych bardziej złożonych molekuł, nawet w zakresie fal terahercowych [6].

Drugą techniką, która łączy poszerzenie wnęką z selektywną filtracją jednej linii grzebienia naraz, jest spektroskopia Verniera [7] inspirowana skalą noniusza w suwmiarce (Rysunek 1c). Idealne dopasowanie do półprzewodnikowych grzebieni częstotliwości umożliwia jednocześnie wysokorozdzielcze (MHz) i szerokopasmowe (1 THz) pomiary z wysoką czułością (ppm) w czasie milisekund. Z punktu widzenia miniaturyzacji, spektroskopia Verniera oferuje dodatkowo efektywną drogę optyczną rzędu kilkudziesięciu metrów z wnęki o odstępie luster rzędu pojedynczych centymetrów [8]. Półprzewodnikowe źródła grzebieni częstotliwości w zakresie średniej podczerwieni mogą też być wykorzystane w klasycznej spektroskopii fourierowskiej z wykorzystaniem interferometru Michelsona (spektrometrami FTIR), z rozdzielczościami nawet $1000\times$ większymi niż nominalna [9, 10].

W trakcie prezentacji zostaną omówione przykładowe zastosowania i ograniczenia wspomnianych technik do detekcji molekuł chemicznych. Poruszone będzie również zagadnienie szerokości linii laserowej grzebieni, które narzuca wybór konkretnej metody pomiaru widma.

Podziękowania

Prace badawcze były przeprowadzane częściowo w Laboratorium Napędu Odrzutowego (Jet Propulsion Laboratory, JPL) w ramach kontraktu z NASA. Część badań prowadzonych przez Ł. A. Sterczewskiego otrzymała wsparcie w ramach stażu doktorskiego zarządzanego przez Universities Space Research Association (USRA) oraz stypendium Marie Skłodowska-Curie z programu Unii Europejskiej Horyzont 2020 (nr grantu 101027721). Autor dziękuje dr. Chadwickowi L. Canedy'emu, dr. Igorowi Vurgaftmanowi oraz dr. Jerry'emu R. Meyerowi z Naval Research Laboratory (NRL, Waszyngton DC, USA) za dostarczenie materiału półprzewodnikowego. Autor dziękuje również dr. Cliffordowi Frezowi oraz dr. Mahmoodowi Bagheri z NASA Jet Propulsion Laboratory (Caltech, Pasadena, CA, USA) za wytworzenie struktur laserowych, użytych w eksperymentach oraz użyczenie fotografii z Rysunku 1a.

Bibliografia

- [1] Hänsch T. W., Nobel Lecture: Passion for Precision, *Rev. Mod. Phys.* 78, 1297 (2006).
- [2] Hugi A., Villares G., Blaser S., Liu H. C., Faist J., Mid-Infrared Frequency Comb Based on a Quantum Cascade Laser, *Nature* 492, 229 (2012).
- [3] Sterczewski L. A., Bagheri M., Frez C., Canedy C. L., Vurgaftman I., Kim M., Kim C. S., Merritt C. D., Bewley W. W., Meyer J. R., Interband Cascade Laser Frequency Combs, *J. Phys. Photonics* 3, 042003 (2021).
- [4] Sterczewski L. A., Fradet M., Frez C., Forouhar S., Bagheri M., Battery-Operated Mid-Infrared Diode Laser Frequency Combs, *Laser Photonics Rev.* 17, 2200224 (2023).
- [5] Coddington I., Newbury N., Swann W., Dual-Comb Spectroscopy, *Optica* 3, 414 (2016).
- [6] Sterczewski L. A., Westberg J., Yang Y., Burghoff D., Reno J., Hu Q., Wysocki G., Terahertz Spectroscopy of Gas Mixtures with Dual Quantum Cascade Laser Frequency Combs, *ACS Photonics* 7, 1082 (2020).
- [7] Rutkowski L., Morville J., Broadband Cavity-Enhanced Molecular Spectra from Vernier Filtering of a Complete Frequency Comb, *Opt. Lett.* 39, 6664 (2014).
- [8] Sterczewski L. A., Chen T.-L., Ober D. C., Markus C. R., Canedy C. L., Vurgaftman I., Frez C., Meyer J. R., Okumura M., Bagheri M., Cavity-Enhanced Vernier Spectroscopy with a Chip-Scale Mid-Infrared Frequency Comb, *ACS Photonics* 9, 994 (2022).
- [9] Maslowski P. *et al.*, Surpassing the Path-Limited Resolution of Fourier-Transform Spectrometry with Frequency Combs, *Phys. Rev. A* 93, 021802 (2016).
- [10] Sterczewski L. A., Bagheri M., Sub-Nominal Resolution Fourier Transform Spectrometry with Chip-Based Combs, *w red.* (2023).

Ultrazimne cząsteczki polarne w stanie podstawowym

M. Semczuk

*Wydział Fizyki,
Uniwersytet Warszawski,
ul. Pasteura 5, 02-093 Warszawa
e-mail: msemczuk@fuw.edu.pl*

Ultrazimne mieszaniny metali alkalicznych są badane od blisko trzech dekad, dostarczając wartościowych informacji o właściwościach zderzeniowych atomów składowych. W ostatnich latach uwaga środowiska skupiła się na mieszaninach heterojądrowych w absolutnym rotacyjno-wibracyjnym stanie podstawowym. Wynika to z faktu, że cząsteczki te wykazują stosunkowo silne, długo zasięgowe oddziaływania dipolowe wywołane obecnością stałego elektrycznego momentu dipolowego.

Podczas wykładu przedstawię wyniki chłodzenia laserowego mieszaniny atomów cezu i potasu oraz podjęte przez nas kroki zmierzające do wytworzenia ultrazimnych cząsteczek KCs w stanie podstawowym. W pierwszej części wykładu skupię się na spektroskopii fotoasocjacyjnej ultrazimnych cząsteczek Cs_2 wytworzonych w potencjale molekularnym 0_g^- dysocjującym do asymptoty $6S+6P_{3/2}$. Uzyskane przez nas wyniki pozwoliły potwierdzić przewidywania teoretyczne [1] postulujące, że używany w eksperymentach z ultrazimnymi cząsteczkami Cs_2 wzbudzony stan molekularny 0_g^- ma dwa dodatkowe, dotąd niewykryte, poziomy energetyczne leżące poniżej poziomu dotychczas uznawanego za stan podstawowy tego potencjału.

W dalszej części wykładu przedstawię najnowsze wyniki spektroskopii fotoasocjacyjnej wzbudzonych potencjałów cząsteczkowych KCs. Te pomiary są niezbędne do dalszych prac nad wytwarzaniem ultrazimnych cząsteczek KCs w stanie podstawowym i są pierwszymi na świecie pomiarami tego typu dla tej cząsteczki.

Bibliografia

- [1] Bouloufa N., Crubellier A., Dulieu O., Phys. Rev. A 75, 052501 (2007).

Półprzewodniki a materia topologiczna

T. Story

*Międzynarodowe Centrum Badawcze MagTop,
Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk,
al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa*

Termin materia topologiczna związany jest z odkryciem topologicznych izolatorów (półprzewodników), półmetali i nadprzewodników – krystalicznych układów elektronowych o unikatowych właściwościach fizycznych. Podstawowymi elementami tej materii są oczywiście dobrze znane cząstki elementarne, ale silne efekty relatywistyczne powodują nietrywialny (odwrócony) układ pasm elektronowych w takich kryształach. Materiały topologiczne posiadają unikatowe cechy elektronowe, np.: liniową relację energia-pęd (charakterystyczną dla elektronów relatywistycznych) czy też (nie obserwowane klasycznie) silne sprzężenie ruchu orbitalnego i spinowego momentu magnetycznego elektronu. Choć te unikatowe relacje dotyczą tylko niskoenergetycznych stanów elektronowych kryształów, to często decydują o ich najciekawszych właściwościach fizycznych. Kluczowe znaczenie mają ulokowane na brzegach układów nowe powierzchniowe (2D) lub krawędziowe (1D) przewodniki prądu elektrycznego o unikatowych cechach, związanych z kwantowaniem transportu ładunku i ochroną elektronów przed rozpraszaniem.

Przedstawione zostaną przykłady doświadczalnych badań tych nowych efektów w najważniejszych materiałach półprzewodnikowych i półmetalicznych, wykazujących właściwości topologiczne. Podane także zostaną przykłady nowych idei i nadzieje związane z zastosowaniami materiałów topologicznych w kwantowych standardach oporu elektrycznego, generatorach prądów spinowych dla spintroniki, topologicznych tranzystorach czy też nowych fizycznych realizacjach układów dla informatyki kwantowej.

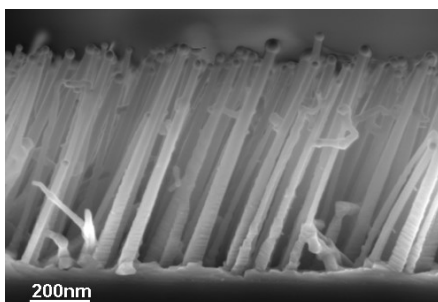
Nanodruty – półprzewodnikowe struktury jednowymiarowe

P. Wojnar

*Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk,
al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa
e-mail: wojnar@ifpan.edu.pl*

Nanodruty należą do jednych z najczęściej badanych obecnie struktur o rozmiarach nanometrycznych. Są to monokryształy posiadające typowo średnicę wynoszącą od kilku do kilkudziesięciu nanometrów, przy długości kilku mikrometrów. Na Rysunku 1 przedstawione są typowe nanodruty z tellurku cynku, wytworzone w Instytucie Fizyki PAN. Wszystkie nanodruty zorientowane są w tym samym kierunku, a ich typowa gęstość wynosi 10^8 cm^{-2} .

W pierwszej kolejności przedstawię różne techniki wytwarzania nanodrutów, a w szczególności wykorzystywany przeze mnie mechanizm para-ciecz-ciało stałe, w którym wzrost jednowymiarowy spowodowany jest obecnością kropli metalu znajdującej się w fazie ciekłej. W moim przypadku są to nano-katalizatory ze złota. Dlatego też każdy nanodrut na rysunku zakończony jest złotą kropłą. Do tej kropli dostarczane są atomy z fazy gazowej, rozpuszczają się w niej, a następnie zachodzi rekrystalizacja w dolnej części kropli i rośnie monokrystaliczny nanodrut. Pokażę nowe wyniki, uzyskane przez zespół z Uniwersytetu Paryż-Saclay [4], gdzie autorzy zaobserwowali po raz pierwszy wytwarzanie się kolejnych warstw atomowych podczas wzrostu para-ciecz-ciało stałe. Użyli do tego transmisyjnego mikroskopu elektronowego, zamontowanego specjalnie w komorze wzrostu nanodrutów. Dzięki temu powstały efektowne filmy, pokazujące bezpośrednio wzrost nanodrutów.



Rysunek 1: Nanodruty ZnTe wytworzone w Instytucie Fizyki PAN na podłożu z arsenku galu wykorzystując katalityczny mechanizm wzrostu kryształu para-ciecz-ciało stałe z nano-katalizatorami ze złota. Obraz wytworzony przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego

Potencjalne zastosowania nanodrutów są bardzo zróżnicowane i ograniczone jedynie fantazją badaczy. Opowiem o kilku z nich. W pierwszej kolejności wyjaśnię jak wykonać wytworzyć pojedynczy różnokolorowy piksel z nanodrutów o rozmiarze jednego mikrometra [2]. Piksel taki byłby zatem ponad 100 razy mniejszy od typowego piksela w wyświetlaczach. Pokażę ponadto prace wykorzystujące nanodrutu do wytworzenia efektywnych baterii słonecznych [3], a także do wykrywania pojedynczych wirusów [4].

Bibliografia

- [1] Panciera F. *et al.*, Nano Lett. 20, 1669 (2020).
- [2] Ra Y.-H. *et al.*, Nano Lett. 16, 4608 (2016).
- [3] Wallentin J. *et al.*, Science 339, 1057 (2013).
- [4] Patolsky F. *et al.*, PNAS 101, 14019 (2004).

Półprzewodnikowe nanokryształy koloidalne – od zastosowań w diagnostyce medycznej do kryptografii kwantowej

Ł. Kłopotowski

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

Gwałtowny rozwój technologii, jaki odbył się w drugiej połowie XX wieku, związany był z rozkwitem technik uzyskiwania struktur półprzewodnikowych. Działanie urządzeń elektronicznych oparte jest o możliwość kontroli właściwości tych struktur: np. sterowanie przepływem prądu leży u podstaw działania mikroprocesorów. Struktury te wytwarzane są w drogich i skomplikowanych urządzeniach i stanowią elementy stosunkowo dużych, litych urządzeń.

Nanokryształy koloidalne, o których opowiem w czasie wykładu, to struktury półprzewodnikowe składające się z kilkudziesięciu, kilkuset atomów, uzyskiwane w reakcji chemicznej w roztworze. W przypadku wielu materiałów taką reakcję można wykonać w domowej kuchni lub sali lekcyjnej. Nanokryształy wydajnie absorbują światło i mogą także je emitować. Materiały te ożywiają wyobraźnię badaczy, gdyż właściwościami absorpcji i emisji można stosunkowo łatwo sterować parametrami syntezy. Wytwarzanie nanokryształów jest tanie, więc są idealnym materiałem w wielkoskalowych zastosowaniach, takich jak ogniwa słoneczne oraz elektronika elastyczna. Ponadto, możliwe jest uzyskanie materiałów nietoksycznych i ich funkcjonalizacja, czyli takie udekorowanie, które ukierunkuje ruch nanokryształów wewnątrz żywych organizmów. Badane są więc możliwości zastosowania nanokryształów w nowych ścieżkach diagnostycznych i terapeutycznych. Mały rozmiar nanokryształów sprawia, że ich właściwościami rządzą prawa mechaniki kwantowej. W szczególności, owa „kwantowość” przejawia się możliwością uzyskiwania fotonów „na żądanie”, które są niezbędne w realizacji nowoczesnych protokołów kryptograficznych.

W czasie wykładu opowiem o tym, jak wytwarza się takie nanokryształy, co determinuje ich właściwości optyczne oraz jakie są, moim zdaniem, najbardziej podniecające zastosowania. Opowiem także krótko, jakie badania w tych aspektach prowadzimy w Instytucie Fizyki PAN.

Współczesne półprzewodniki i urządzenia termoelektryczne

M. Szot

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

Generatory i chłodziarki termoelektryczne to konstrukcyjnie proste urządzenia, które mogą bezpośrednio przekształcać ciepło w energię elektryczną (generatory - TEG) i *vice versa* (chłodziarki - TEC), wykorzystując zdolność elektronów do jednoczesnego przenoszenia ciepła i ładunku elektrycznego. Działanie konwerterów termoelektrycznych bazuje na dwóch efektach termoelektrycznych, odkrytych przez Seebecka i Peltiera w pierwszej połowie XIX wieku. Konwertery takie działają cicho i bezawaryjnie przez wiele lat, ponieważ ich jedynymi ruchomymi elementami są elektrony. Tym samym urządzenia termoelektryczne o odpowiednio wysokiej sprawności mogłyby stać się alternatywą dla innych niekonwencjonalnych metod gospodarowania i pozyskiwania energii na dużą skalę. Dobre materiały termoelektryczne, takie jak selenek bizmutu (Bi_2Se_3) lub tellurek ołowiu (PbTe), charakteryzują się wysokim przewodnictwem elektrycznym i niskim przewodnictwem cieplnym, co wynika wprost z zależności opisującej bezwymiarowy parametr efektywności termoelektrycznej $ZT = (\sigma S^2 / \kappa)$, gdzie T to temperatura, σ to przewodność elektryczna, S i κ oznaczają odpowiednio współczynnik Seebecka i przewodność cieplną. W czasie wykładu, prócz klasycznych metod, przedstawione będą niekonwencjonalne strategie poprawy współczynnika ZT materiałów termoelektrycznych (nanostrukturyzacja) oraz idee fizyczne leżące u podstaw tych strategii. Pokazane również będzie, jak uwzględnienie zjawisk kwantowych i ostatnich osiągnięć w dziedzinie fizyki struktur niskowymiarowych, przyczyniło się do efektywniejszego wykorzystania znanych od ok. 200 lat efektów Seebecka i Peltiera w materiałach i urządzeniach termoelektrycznych najnowszej generacji, wykraczających daleko poza wizję klasycznego już „podgrzewacza do kubka z kawą”.

Silne soczewkowanie fal grawitacyjnych

M. Biesiada

*Narodowe Centrum Badań Jądrowych,
ul. Pasteura 7, 02-093 Warszawa*

Pierwsza obserwacyjna detekcja fal grawitacyjnych otworzyła nową erę we współczesnej fizyce, potwierdzając bezpośrednio wielkie przewidywania Ogólnej Teorii Względności – istnienia fal grawitacyjnych oraz istnienia czarnych dziur. Stworzyła też bezprecedensowe możliwości badania najgwałtowniejszych zjawisk we Wszechświecie, jakimi są koalescencje układów podwójnych czarnych dziur. Już teraz rejestrujemy sygnały od tych zjawisk pochodzące z odległych miejsc Wszechświata, a detektory kolejnej generacji, np. Teleskop Einsteina obejmą swym zasięgiem cały obserwowalny Wszechświat.

Chociaż fale grawitacyjne fundamentalnie różnią się od fal elektromagnetycznych, jednak podobnie jak światło propagują się po geodetykach zerowych i podobnie jak światło czują krzywiznę czasoprzestrzeni tła, włączając kosmologiczne przesunięcie ku czerwieni. Mogą zatem podlegać zjawisku soczewkowania grawitacyjnego, gdy na ich drodze znajdują się masywne obiekty (np. galaktyki czy ich gromady). W odniesieniu do fal elektromagnetycznych teoria soczewkowania grawitacyjnego jest już dojrzałą dziedziną astronomii pozagalaktycznej, posiadającą zarówno własny formalizm teoretycznego opisu, jak również bogaty i stale rosnący materiał obserwacyjny. Teoria ta pozostaje słuszna dla fal grawitacyjnych, z jednym zastrzeżeniem: w niektórych realistycznych scenariuszach soczewkowania fal grawitacyjnych musimy porzucić przybliżenie optyki geometrycznej i stosować optykę falową.

W swym wystąpieniu przedstawię problematykę silnego soczewkowania fal grawitacyjnych: jego opis, obserwowalne cechy soczewkowanych sygnałów, przewidywania odnośnie szans ich detekcji w obecnych i przyszłych obserwatoriach grawitacyjnych oraz możliwości zastosowań tego typu zjawisk w kosmologii i w roli testów fizyki fundamentalnej.

Rotujące dyski w ogólnej teorii względności: nowe wyniki, otwarte kwestie i zastosowania w astrofizyce

E. Malec

*Instytut Fizyki Teoretycznej,
Uniwersytet Jagielloński,
ul. prof. St. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków*

Rotujące ogólnorelatywistyczne układy hydrodynamiczne badane są od końca lat 1960-tych minionego stulecia. Można wyróżnić trzy zasadnicze kierunki badań. Po pierwsze, poszukiwano ogólnorelatywistycznych wersji twierdzenia Poincare-Wavre'a i możliwie ogólnych praw rotacji. Po drugie, rotujące ciecze stanowią z punktu widzenia matematycznego specyficzny układ – są one konfiguracjami ze swobodnym brzegiem. Wczesne prace na ten temat pojawiły się ponad 50 lat temu. Matematyczna teoria takich układów – np. analiza istnienia rozwiązań – jest jednak ciągle w powijakach. Po trzecie, rozwijano metody numeryczne badania ogólnorelatywistycznych układów hydrodynamicznych z uwzględnieniem samograwitacji. Od połowy lat 1980-tych dokonał się tu znaczny postęp, głównie za sprawą astrofizyków i relatywistów japońskich. W moim wystąpieniu przedstawię wyniki grupy krakowskiej (Mach, Odrzywołek, Kulczycki, Piróg, Karkowski, Cieřlik, Dyba, EM), otrzymane w latach 2015-2021. Odkryliśmy obszerną klasę praw rotacji, dla której istnieją numeryczne rozwiązania równań Einsteina z cieczami politropowymi. Stanowią one uogólnienie rotacji keplerowskiej, znanej w mechanice newtonowskiej, na samograwitujące dyski gazowe wokół czarnych dziur ze spinem. Rotujące dyski poddane tym prawom rotacji stanowią realistyczne układy, które mogą być użyteczne w opisie pewnej fazy zlewania się dwu gwiazd neutronowych.

Astronomia fal grawitacyjnych 2015-2023

P. Jaranowski

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

W roku 2015 po raz pierwszy w historii nauki bezpośrednio zarejestrowano fale grawitacyjne, wytworzone podczas zderzenia się dwóch czarnych dziur w odległej galaktyce. Osiągnięcie to, uhonorowane w roku 2017 Nagrodą Nobla z fizyki, zapoczątkowało nowy sposób zdobywania wiedzy o Wszechświecie: astronomię fal grawitacyjnych. W roku 2017 po raz pierwszy zarejestrowano równocześnie fale grawitacyjne i promieniowanie elektromagnetyczne, związane ze zderzeniem się dwóch gwiazd neutronowych, co dało początek astronomii „wielu posłańców” (multimessenger astronomy) oraz kosmologii fal grawitacyjnych. W wykładzie zostanie podsumowane, co w latach 2015-2023 zaobserwowały detektory fal grawitacyjnych i w jaki sposób obserwacje te rozwinęły naszą wiedzę o Wszechświecie i o prawach nim rządzących. Rozważona także będzie najbliższa przyszłość astronomii fal grawitacyjnych: planowane do budowy nowe detektory i obserwacje, których spodziewamy się dokonać w przyszłości oraz wpływ tych obserwacji na astrofizykę, kosmologię i podstawy fizyki. Przedstawiony zostanie również wkład polskich naukowców w narodziny i rozwój astronomii fal grawitacyjnych.

Dusty Galaxies in the Early Universe with the James Webb Space Telescope

D. Donevski

*Narodowe Centrum Badań Jądrowych,
ul. Pasteura 7, 02-093 Warszawa*

The James Webb Space Telescope (JWST) is the largest space telescope ever launched, and it is a giant leap forward in our quest to understand the universe. The JWST has already opened a new discovery space in extragalactic astronomy by revealing hundreds of distant galaxies rich in stars and dust. The detection of the dust is particularly important, as the dust grains host the production of molecular hydrogen, the primary fuel for star formation. As many of these gigantic galaxies are observed within the first 700 million years after the Big Bang, their abundance challenges theoretical models and opens many questions on the formation of matter in the early universe. In this seminar, I will overview the first results and big science questions related to the origin of the most distant galaxies observed with JWST.

Zastosowanie ruchomej ściany do sterowania oddziaływaniem prostopadłej fali uderzeniowej z turbulentną warstwą przyścienną na profilu lotniczym

O. Szulc¹, P. Doerffer², P. Flaszyński¹

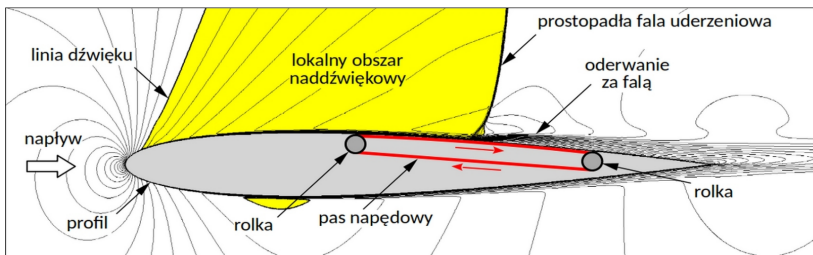
¹*Instytut Maszyn Przepływowych
Polskiej Akademii Nauk,
ul. Fiszer 14, 80-231 Gdańsk*

²*Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: oskar.szulc@imp.gda.pl*

Od kilku dziesięcioleci zjawisko oddziaływania fali uderzeniowej z warstwą przyścienną (ang. Shock wave-Boundary Layer Interaction, SBLI) jest przedmiotem intensywnych badań, rozpoczętych przez Ackereta, Feldmana i Rotta w 1946 roku. Potrzeba kontroli przebiegu interakcji (ang. SBLI Control, SBLIC) była głównym powodem implementacji licznych metod sterowania przepływem. Podstawową motywacją tych wysiłków była konieczność zmniejszania lub nawet przeciwdziałania wystąpieniu oderwania warstwy przyściennej spowodowanego obecnością fali uderzeniowej, które zazwyczaj prowadzi do znacznego wzrostu oporu aerodynamicznego, niepożądanych strat przepływowych i niebezpiecznych niestabilności. Jako przykłady metod sterowania zjawiskiem SBLI można podać techniki pasywne: wentylację i lokalną deformację powierzchni płata lub różne rodzaje generatorów wirów wzdłużnych (strumieniowych, blaszkowych czy prętowych).

Streszczenie opisuje propozycję innowacyjnej metody sterowania zjawiskiem oderwania warstwy przyściennej, spowodowanego obecnością prostopadłej fali uderzeniowej na profilu lotniczym. Głównym celem tego badania numerycznego metodami Obliczeniowej Mechaniki Płynów (Computational Fluid Dynamics, CFD), opartymi na uśrednionych zasadach bilansu masy, pędu i energii dla płynu ściśliwego i turbulentnego (Reynolds-Averaged Navier-Stokes equations, RANS), jest wstępna ocena potencjału zastosowania ruchomej (stycznie) powierzchni do sterowania zjawiskiem SBLI i ograniczenia oderwania (SBLIC-MW). Analiza efektywności metody SBLIC-MW jest oparta na porównaniu pozycji i intensywności fali uderzeniowej, struktury stopy- λ , kształtu warstw przyściennych (napływających i poddanych oddziaływaniu) i zasięgu oderwania, a także charakterystyk aerodynamicznych płata dla klasycznego profilu lotniczego NACA 0012, pracującego w warunkach transonicznych.

Jest powszechnie wiadome, że dla typowych liczb Macha M przed falą uderzeniową rzędu od 1.3 do 1.5 wartość tarcia powierzchniowego jest stosunkowo wysoka, zwłaszcza dla przepływów turbulentnych. Obecność prostopadłej fali uderzeniowej znacznie zaburza kształt napływającej warstwy przyściennej, powodując istotne zmniejszenie naprężenia stycznego, co często prowadzi do oderwania. Proponuje się tu skorzystanie z tego układu, wprowadzając powierzchnię ruchomą stycznie do obszaru interakcji, lokalnie przed falą uderzeniową, pod nią oraz w dole przepływu, tam gdzie powstaje oderwanie. Mechanizm sterowania może być zaimplementowany jako zamknięty pas unoszący się na poduszce powietrznej i przesuwający się po rolkach, tworzący zewnętrzne poszycie strony ssącej profilu lotniczego w obszarze sterowania (szczegóły na Rysunku 1). Dwa warianty metody są rozważane pod względem napędu systemu. Po pierwsze, działanie w pełni pasywne polega na transferze pędu z przepływu głównego przed falą uderzeniową dzięki obecności wysokiego naprężenia stycznego na ścianie w tym rejonie. Ten pęd zostaje przeniesiony przez pas napędowy do obszaru znajdującego się za falą uderzeniową, podwyższając odporność warstwy przyściennej na niekorzystny gradient ciśnienia i przeciwdziałając oderwaniu. Z drugiej strony, dzięki zastosowaniu dedykowanego systemu napędowego (wariant aktywny), prędkość powierzchni ruchomej mogłaby być kontrolowana, pozostawiając możliwość dalszej optymalizacji pod kątem poprawy charakterystyk aerodynamicznych płata.



Rysunek 1: Sterowanie oddziaływaniem prostopadłej fali uderzeniowej z warstwą przyścienną za pomocą ruchomej ścianki (profil lotniczy NACA 0012 w warunkach transonicznych: $M = 0.8$, $Re = 4 \times 10^6$ i $\alpha = 2.1^\circ$)

Badania oddziaływania fali uderzeniowej z warstwą przyścienną na profilu lotniczym w tunelu transonicznym

P. Flaszyński, P. Doerffer, M. Piotrowicz, P. Kaczyński

*Instytut Maszyn Przepływowych
Polskiej Akademii Nauk,
ul. Fiszer 14, 80-231 Gdańsk*

Aktualne wyzwania sektora lotniczego w zakresie badań i rozwoju dotyczą redukcji zużycia paliwa, redukcji zanieczyszczeń spalin oraz hałasu. Zmniejszenie zużycia paliwa przez sektor lotniczy może prowadzić do poprawy efektywności wykorzystania zasobów i zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych [1]. Założone cele dotyczące redukcji emisji zanieczyszczeń i hałasu można uzyskać poprzez poprawę efektywności aerodynamicznej skrzydła samolotu, a ich osiągnięcie było jednym z zadań projektu H2020-SMS (Smart Morphing and Sensing). W ramach projektu SMS koncentrowano się na wykorzystaniu metod elektroaktywnego morfiningu, w celu jednoczesnego zmniejszenia oporu i hałasu oraz zwiększenia siły nośnej, poprzez aktywną zmianę geometrii profilu w różnych fazach lotu: startu, lotu (cruise) i lądowania. Badania prowadzono dla profilu skrzydła samolotu Airbus A320. Przedstawione wyniki dotyczą możliwości wykorzystania elektroaktywnego sterowania krawędzią spływu w trakcie lotu [2], co umożliwia oddziaływanie na struktury wirowe, rozwijające się wokół powierzchni nośnej i w śladzie aerodynamicznym. Prace prowadzone w tunelu transonicznym IMP PAN dotyczyły analizy interakcji fali uderzeniowej z warstwą przyścienną w trakcie lotu i oceny wpływu oscylacji krawędzi spływu na charakterystyki aerodynamiczne profilu. W ramach badań zostało zbudowane stanowisko do badań profilu lotniczego w tunelu aerodynamicznym w zakresie zdefiniowanych parametrów lotu. Badania numeryczne i eksperymentalne przepływu transonicznego na profilu prowadzone były dla liczby Macha 0.78 i różnych kątów napływu. Liczba Macha przed falą uderzeniową na profilu wynosiła ok. 1.25. Wykonano pomiary ciśnienia statycznego na profilu, wizualizację olejową oraz Schlierena umożliwiające analizę struktury przepływu, a także zmierzono profil prędkości w śladzie aerodynamicznym za pomocą LDA (Laser Doppler Anemometry). Wykazano, że stanowisko umożliwia analizę przepływu na profilu w warunkach przepływu transonicznego, reprezentatywną dla opływu w warunkach rzeczywistych. Analizie poddano wpływ oscylacji krawędzi spływu na oscylację fali uderzeniowej oraz rozkład prędkości w śladzie za profilem.

Podziękowania

Przedstawiona praca była zrealizowana dzięki finansowaniu w ramach projektu H2020-MG-2016-2017 SMS „Smart Morphing & Sensing for aeronautical configurations” o numerze 723402.

Bibliografia

- [1] Di Lorenzo G., Frosina E., De Petrillo L., Lauria D., Senatore A., Curreri F., Saccone G., Mazuy M. K., Pascarella C., Design and Development of Hybrid-Electric Propulsion Model for Aeronautics 2019 MATEC Web Conf. vol 30, 9th EASN International Conference on Innovation in Aviation & Space.
- [2] Scheller J. G., Duhayon J., Rouchon J.-F., Braza M., Implementation of a Hybrid Electro-Active Actuated Morphing Wing in Wind Tunnel, Solid State Phenom. 260, 85-91 (2017).

Przepływy ściśliwe z falami uderzeniowymi

P. Doerffer¹, P. Flaszyński²

¹ *Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk*

² *Instytut Maszyn Przepływowych
Polskiej Akademii Nauk,
ul. Fiszerza 14, 80-231 Gdańsk*

Uzyskanie przez gaz prędkości przepływu U większych od lokalnej prędkości dźwięku a ma zasadniczy wpływ na zjawiska fizyczne powstające w takich przepływach, charakteryzujących się wartością liczby Macha większą od jedności $M > 1.0$.

Efekty wynikające z prędkości rozchodzenia się zaburzeń prowadzą do hiperbolicznego charakteru równań różniczkowych drugiego stopnia opisujących przepływ, dla których przydatna staje się metoda charakterystyk [1, 2]. Ta metoda rozwiązywania przepływów naddźwiękowych pozwala uzyskiwać wyniki zaskakująco zgodne z przepływami rzeczywistymi.

Metoda ta jest bardzo przydatna do rozwiązywania struktur przepływu zdominowanego przez ekspansję, dlatego w referacie odniesiemy się do konstrukcji dyszy naddźwiękowych typu de Laval, jak i lokalnych przyspieszeń o charakterze ekspansji Prandtla-Meyera. Takiego typu przepływy odznaczają się tym, że charakterystyczne kierunki rozchodzenia się zaburzeń są rozbieżne.

Pojawienie się kompresji w przepływie naddźwiękowym, prowadzące do nakładania się charakterystyk powoduje powstanie specjalnych zjawisk, które objawiają się w postaci fal uderzeniowych [1, 2]. W referacie zostaną przedstawione warunki zgodności na takich nieciągłościach, obejmujące zachowanie masy, pędu i energii. Omówione zostaną warunki powstawania fal uderzeniowych prostopadłych i skośnych.

Omówione zjawiska pozwolą na przedstawienie analizy struktury przepływu wokół takich obiektów jak pocisk, rakieta czy wlot do silnika naddźwiękowego samolotu.

Bibliografia

- [1] Shapiro A. H., The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow, Wiley (1954).
- [2] Prosnak W. J., Mechanika płynów, PWN (1970).

Badanie modelu rakiety suborbitalnej w naddźwiękowym tunelu aerodynamicznym

F. Wasilczuk, P. Flaszyński, M. Kurowski, R. Szwaba

*Institut Maszyn Przepływowych
Polskiej Akademii Nauk,
ul. Fiszer 14, 80-231 Gdańsk
e-mail: fwasilczuk@imp.gda.pl*

Wstęp

Rakieta suborbitalna PERUN jest projektowana przez polską firmę Space Forest w projekcie współfinansowanym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Celem projektu jest wystrzelenie rakiety z ładunkiem sprzętu meteorologicznego o masie 50 kg na wysokość 150 km z maksymalną prędkością ponad 1500 m/s ($Ma = 5$). Jednym z kluczowych wyzwań w projekcie takiej rakiety jest minimalizacja współczynnika oporu oraz zapewnienie rakiecie stabilności w trakcie lotu. W celu zbadania wpływu parametrów rakiety na współczynnik oporu przeprowadzono pomiary w naddźwiękowym tunelu aerodynamicznym. Wyniki pomiarów posłużą do walidacji modelu numerycznego, co pozwoli na użycie go do zaawansowanych analiz aerodynamicznych oraz optymalizacji geometrii rakiety. W pierwszej fazie kampanii pomiarowej testowane było pięć kształtów nosa rakiety.

Dyskusja

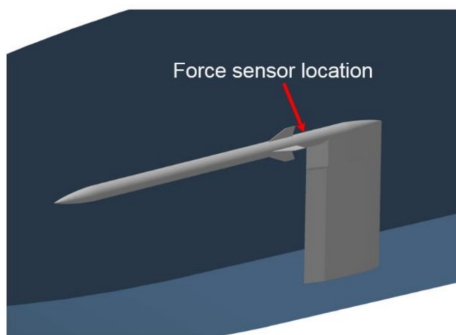
Komora pomiarowa została zaprojektowana na bazie wcześniejszych doświadczeń oraz obliczeń numerycznych RANS (Rysunek 1). Przekrój komory pomiarowej jest ograniczony poprzez parametry stanowiska pomiarowego i wynosi 350×100 mm. Pojemność zbiornika próżniowego wpływa na maksymalny czas pomiaru przy założonym masowym natężeniu przepływu. Biorąc pod uwagę te ograniczenia, średnicę kadłuba modelu rakiety ustalono na 10 mm (skala 1 : 45). Przy zamierzonej prędkości przepływu $Ma = 2.45$ czas pomiaru wynosi 5 s. Porównanie ciśnienia zmierzonego na ściankach pustej komory pomiarowej z wynikami obliczeń numerycznych wykazuje dobrą zgodność. Siłę oporu mierzono z użyciem czujnika XFTC300 Miniature Load Cell. Dodatkowo przeprowadzono wizualizację techniką Schlierena (Rysunek 2), które porównano z wynikami obliczeń numerycznych. Wstępne wyniki porównań pokazują dobrą zgodność lokalizacji fali uderzeniowej. Natomiast z zestawienia sił oporu wynika, że konieczne są korekty w model numerycznym.

Wnioski

Zakończono pomiary dla pierwszych konfiguracji. Kolejnym krokiem jest korekta modelu numerycznego i siatki obliczeniowej, żeby uzyskać akceptowalną zgodność w zmierzonej i obliczonej sile oporu. Pozwoli to na porównanie różnych projektów nosa rakiety w celu znalezienia geometrii dającej najmniejszy opór. Walidacja modelu numerycznego pozwoli też na obliczenia dla rakiety w pełnej skali.

Podziękowania

Badania sfinansowano ze środków Space Forest. Projekt „Suborbital Inexpensive Rocket Project” (nr POIR.01.01.01-00-0774/17) był współfinansowany ze środków European Regional Development Fund.



Rysunek 1: Test section outline



Rysunek 2: Preliminary Schlieren visualization results

Bibliografia

- [1] Magiera R. *et al*, A combustion stabilisation method in a nitrous oxide based hybrid rocket engine, 24th ESA Symposium on European Rocket & Balloon programmes and related research, Essen (2019).

Numeryczna analiza wpływu warstwy przyściennej na falę uderzeniową na profilu sprężarki transonicznej

M. Piotrowicz¹, P. Flaszyński¹, P. Kaczyński¹, P. Doerffer²

¹*Instytut Maszyn Przepływowych
Polskiej Akademii Nauk,
ul. Fiszer 14, 80-231 Gdańsk*

²*Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk*

Współczesne wyzwania stawiane nowoczesnym silnikom lotniczym, takie jak stabilna praca, zmniejszenie zużycia paliwa, poprawa sprawności, prowadzą do tego, że poszczególne komponenty stają się coraz bardziej kompaktowe i silnie obciążone.

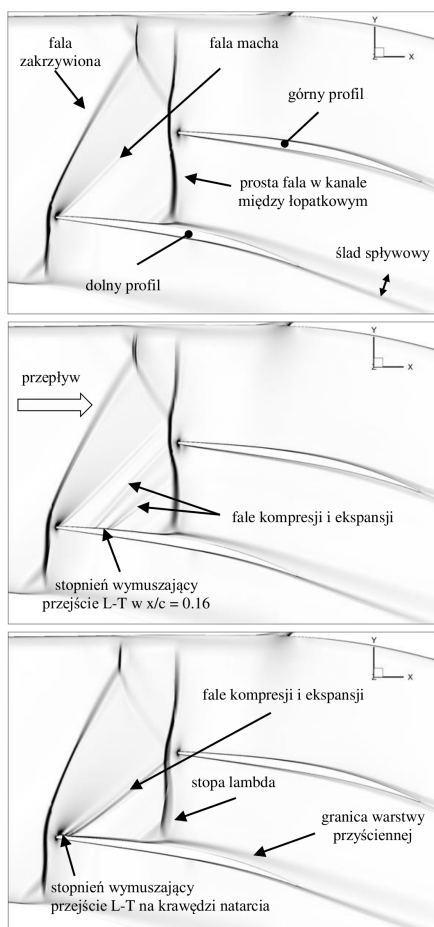
Zwiększone obciążenie prowadzi do osiągnięcia przepływów naddźwiękowych, które nieodłącznie związane są z pojawieniem się fal uderzeniowych, oddziałujących z laminarną warstwą przyścienną, jeśli silnik pracuje na dużych wysokościach i przy niskich liczbach Reynoldsa. Taka interakcja może generować efekty niestacjonarne, które wpływają na obciążenie dynamiczne, zmniejszenie sprawności, fluktuację masowego natężenia przepływu, co w konsekwencji prowadzi do drgań całego silnika na skutek drgań łopatek wentylatora [1].

Obecnie prowadzone są badania z wykorzystaniem innowacyjnych technik sterowania i redukcji oderwania poprzez turbulizację warstwy przyściennej [2]. Oddziaływanie turbulentnej warstwy przyściennej z falą uderzeniową charakteryzuje się mniejszą separacją warstwy przyściennej, w porównaniu do oddziaływania z laminarną warstwą przyścienną [3], co pozytywnie wpływa na stabilizację układu.

Zmniejszenie oporu poprzez laminarną warstwą przyścienną przed falą uderzeniową oraz pozytywny wpływ turbulentnej interakcji fali uderzeniowej z warstwą przyścienną wywołuje problem z lokalizacją przejścia laminarno-turbulentnego. Kluczowe zatem jest pytanie, jak blisko fali uderzeniowej może znajdować się indukowane przejście, przy jednoczesnym zachowaniu typowego turbulentnego oddziaływania.

Symulacje numeryczne przeprowadzono przy pomocy solvera FINE/TurboTM Numeca, z wykorzystaniem dwurównaniowego nieliniowego modelu turbulencji EARSM (Explicit Algebraic Reynolds Stress Model) z dodatkowym modelem przejścia laminarno-turbulentnego. Przeanalizowano przepływ w konfiguracji eksperymentalnej. Dodatkowo wykonano pomiary w liniowej sekcji transonicznej.

Wyniki symulacji numerycznej CFD (Computational Fluid Dynamics) prowadzą do identyfikacji i analizy złożonych zjawisk przepływowych oraz pokazują, że lokalizacja przejścia laminarno-turbulentnego ma istotny wpływ na oddziaływanie warstwy przyściennej z falą uderzeniową. Jednym z proponowanych zaburzeń prowadzących do przejścia jest wykonanie stopnia na stronie ssącej profilu. Powoduje to lokalne zaburzenie, które wymusza turbulizację warstwy przyściennej.



Rysunek 1: Porównanie numerycznej wizualizacji schlierena

W pracy przedstawiono trzy konfiguracje, które ilustrują wpływ na strukturę przepływu. Wyniki symulacji numerycznych porównano z pomiarami ciśnienia, farbą czułą na ciśnienie PSP (Pressure Sensitive Paints), wizualizacją Schlierena, zdjęciem przepływu oleju na stronie ssącej oraz pomiarem prędkości w śladzie spływowym. Porównano profile prędkości w warstwie przyściennej oraz wyznaczono całkowite parametry, definiujące warstwę przyścienną dla wybranych trawersów.

Podziękowania

Badania te były wspierane przez 7 Ramowy Program Badań UE i zostały przeprowadzone w ramach projektu badawczego o akronimie TFAST (Transition Location Effect on Shock Wave Boundary Layer Interaction). Badania zostały wsparte przez CI TASK oraz częściowo przez ogólnopolską infrastrukturę obliczeniową PL-Grid.

Bibliografia

- [1] Becker B., Reyner M., Swoboda M., Steady and unsteady numerical investigation of transitional shock-boundary-layer-interactions on a fan blade, *Aerosp. Sci. Technol.* 11, 507-517 (2007).
- [2] Doerffer P., Flaszynski P., Dussauge J. P., Babinsky H., Grothe P., Petersen A., Billard F., Transition Location Effect on Shock Wave Boundary Layer Interaction: Experimental and Numerical Findings from the TFAST Project, Springer (2021).
- [3] Doerffer P., Hirsch C., Dussauge J. P., Babinsky H., Barakos G. N., Unsteady Effects of Shock Wave Induced Separation, Springer (2011).

SUSY Method for Detection of Energy Levels on a Quantum Computer

H. Laba¹, V. Tkachuk²

¹*Department of Applied Physics and Nanomaterials Science,
Lviv Polytechnic National University*

²*Professor Ivan Vakarchuk Department for Theoretical Physics,
Ivan Franko National University of Lviv*

Although supersymmetry (SUSY) is not discovered on the experimental levels, it plays an important role in low-energy physics. In particular, in quantum mechanics, SUSY algebra is responsible for the exact solutions of the Schrodinger equation. There was found a relation between entangled states and the SUSY structure of quantum mechanics [1]. Recently, it was also recognized that SUSY of spin system gives a possibility to formulate a method for calculation of energy levels of the spin system on a quantum computer. The method is based on studies of the evolution of the mean value of operator anticommuting with Hamiltonian. The evolution of the mean value of the anticommuting operator is related to the energy levels of the system which is in contrast to the general case in which the time dependence of some mean value is related to the transition energies of a quantum system. This fact allows us to formulate the method for detecting energy levels on a quantum computer [2]. It is interesting to note that the structure of the energy spectrum in this case is related to the SUSY properties of the system. What is more, this method is restricted to the Hamiltonians for which anticommuting operators exist. The energy spectrum in this case is symmetric with respect to the inversion of the energy. We generalize this method to the case of an arbitrary spin system by adding to the system one probe (ancilla) spin [3] that converts a spin system to a spin one with a SUSY structure. Studies of probe spin evolution allow us to determine the energy levels of the system. The energy levels of various spin systems are found on IBM's quantum computer. The results of quantum calculations are in good agreement with the theoretical ones.

References

- [1] Laba H. P., Tkachuk V. M., Mod. Phys. Lett. A 35, 2050282 (2020).
- [2] Gnatenko Kh. P., Laba H. P., Tkachuk V. M., Phys. Lett. A 424, 127843 (2022).
- [3] Gnatenko Kh. P., Laba H. P., Tkachuk V. M., Eur. Phys. J. Plus 137, 522 (2022).

Studies of Spin-1 Tunneling on IBM's Quantum Computer

Kh. P. Gnatenko

*Professor Ivan Vakarchuk Department for Theoretical Physics,
Ivan Franko National University of Lviv,
12, Drahomanov St., Lviv, 79005, Ukraine*

We present quantum protocols of the explicit observation of spin-1 tunneling and splitting of energy levels as a result of tunneling on a quantum device [1]. Spin-1 can be realized with two spins-1/2. Namely, spin-1 operators can be represented with two 1/2 spin operators. We use this representation to model the operator of evolution with Hamiltonian which describes single-spin tunneling on a quantum computer. The energy level splitting is observed on the basis of the detection of energy levels of the Hamiltonian on IBM's quantum computer, ibmq-bogota [3]. For this purpose, an algorithm for the detection of the spectrum of spin systems proposed in [2] is used. We also study the evolution of the mean value of the z-component of spin-1 on the quantum computer to detect oscillations of spin-1 between the states $|1\rangle$, $|-1\rangle$. The results of quantum calculations are in agreement with the theoretical ones. We observe explicitly spin-1 tunneling on ibmq-bogota [1].

References

- [1] Gnatenko Kh. P., Tkachuk V. M., Eur. Phys. J. Plus 138, 346 (2023).
- [2] Gnatenko Kh. P., Laba H. P., Tkachuk V. M., Eur. Phys. J. Plus 137, 522 (2022).
- [3] IBM Q experience, <https://quantum-computing.ibm.com/>

Self-Assembly in Metallic Alloys

S. Mudry, Y. Nykyrui

*Metal Physics Department, Faculty of Physics,
Ivan Franko National University of Lviv,
Lviv, Ukraine*

Self-assembly is a process in which the structure organization shows autonomous character and some interesting phenomena revealed in this process attracted the attention of researchers. Self-assembly, as the spontaneous organization of parts into larger structures via energy minimization, is related both with fundamental and practical application importance. It is clear that transition from parts to a more complex structure is accompanied by the structure changes.

In this work, we present the results of the study of the structure evolution in amorphous metallic alloys after laser irradiation of their surface. Amorphous metallic alloys have been obtained by means of rapid cooling from the liquid state. It was shown that atomic distribution in the amorphous state is in topological and chemical respects similar to one of the melt before solidification. Both states show the short range order with some definite values of main structure parameters (most probably interatomic distance and number of neighbor atoms). Upon laser irradiation, the transition from amorphous state to liquid one and then from liquid to amorphous or nanocrystalline occurs. Upon liquid-amorphous (nanocrystalline) transition we have observed the formation of laser stimulated periodic structures on the surface of metallic alloys, due to which most of the physical properties, first of all magnetic, have been significantly improved. X-ray diffraction data were used to calculate the thermodynamic data, related to self-assembly process. Particularly, we have calculated configurational entropy of mixing from experimental structure factors, and its change was used to analyze the self-organization in amorphous metallic alloys upon laser irradiation.

Informacja kwantowa z losowymi pomiarami

W. Laskowski

*Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki,
Uniwersytet Gdański,
ul. Wita Stwosza 57, 80-308 Gdańsk*

Pomiary losowe zapewniają możliwość wyznaczania wielkości fizycznych bez konieczności współdzielenia układu odniesienia i kalibracji urządzeń pomiarowych. Dlatego w naturalny sposób pojawiają się w sytuacjach takich jak analiza własności kwantowych w komunikacji satelita-ziemia, gdzie trudno jest zachować zgodność lokalnych układów odniesienia. Okazuje się, że korelacje ustalone w pomiarach losowych są podstawą teorii splątania: czysty stan jest splątany wtedy i tylko wtedy, gdy takie korelacje przekraczają pewną granicę. Losowe pomiary mogą również posłużyć do wykrywania prawdziwego splątania wielocząstkowego, a także do weryfikowania istnienia klasycznego opisu kwantowych korelacji (problem typu Bella). W wielu przypadkach brak takiego opisu jest prawie zawsze gwarantowany. Ostatecznie, losowe pomiary mogą być także wykorzystane do szacowania nieliniowych funkcji stanu kwantowego, np. jego entropi von Neumanna.

Przetwarzanie informacji kwantowej w obwodach kwantowych ultrasilnie sprzężonych ze światłem

S. Abo¹, Y.-H. Chen², A. Kockum³, A. Miranowicz^{1,2},
F. Nori^{2,5}, W. Qin², S. Savasta⁴

¹*Uniwersytet im. Adama Mickiewicza,
61-614 Poznań, Polska*

²*RIKEN Cluster for Pioneering Research,
Wako-shi, Saitama 351-0198, Japonia*

³*Chalmers University of Technology,
412 96 Gothenburg, Szwecja*

⁴*Università di Messina,
I-98166 Messina, Włochy*

⁵*University of Michigan,
Ann Arbor, Michigan 48109-1040, USA*

Metody i urządzenia do kwantowego przetwarzania informacji (QIP), bezpiecznej komunikacji kwantowej i metrologii kwantowej często wykorzystują sprzężenie światła z różnymi układami materii kwantowej, począwszy od naturalnych lub sztucznych atomów i spinów do mezoskopowych nadprzewodników i struktur nanomechanicznych. Komplementarne zalety tych hybrydowych systemów kwantowych mogą być kluczowe dla rozwoju nowych technologii kwantowych. Wiele badań eksperymentalnych i teoretycznych koncentruje się ostatnio na badaniu ultrasilnego sprzężenia światła z materią, gdy siła tego oddziaływania staje się porównywalna do częstości rezonansowych jego podsystemów [1]. Ten referat będzie przeglądem niektórych naszych najnowszych wyników dotyczących technologii kwantowych i QIP opartych na ultrasilnym sprzężeniu światła z materią.

Ostatnio pokazaliśmy, że ultrasilne sprzężenie może być efektywnie symulowane w układach typu Jaynes-Cummingsa w wyniku zastosowania parametrycznego wzmocnienia (tj. ściskania światła) [2] lub jednomodowego klasycznego silnego pompowania [3]. Podejście oparte na ściskaniu światła zostało przez nas zastosowane do nieniszczącego odczytu kubitów [4], natomiast podejście wykorzystujące silne pompowanie klasyczne zastosowaliśmy do opracowania protokołów ultraszybkich geometrycznych obliczeń kwantowych o podwyższonej wierności [5]. Ponadto, stwierdziliśmy, że symulowane ultrasilne sprzężenie umożliwia wytworzenie gigantycznych stanów typu kota Schrödingera (tj. makroskopowo rozróżnialnych stanów superpozycji) w układach atomowych o wyjątkowo długim czasie życia, do 4 rzędów wielkości dłuższym niż czas trwania typowych fotonicznych kotów kwantowych, przy założeniu tych samych parametrów [6, 7]. Aby pokazać przydatność kotów Schrödingera w QIP, opisaliśmy protokół nieadiabaticznych geometrycznych obliczeń kwantowych, opartych na takich kubitach [8]. W rzeczywistości żaden układ kwantowy nie może być całkowicie odizolowany od swojego środowiska. W szczególności, rozfazowanie jest głównym

mechanizmem zaniku korelacji kwantowych, powodującym w szczególności poszerzenie linii spektralnych i zasadniczo ograniczającym wierność protokołów QIP. Ostatnio zajęliśmy się ważnym problemem, jak poprawnie opisać rozfazowanie ultrasilnie sprzężonego światła z materią [9].

Bibliografia

- [1] Kockum A. F., Miranowicz A., De Liberato S., Savasta S., Nori F., Ultrastrong coupling between light and matter, *Nature Rev. Phys.* 1, 19 (2019).
- [2] Qin W., Miranowicz A., Li P.-B., Lu X.-Y., You J.-Q., Nori F., Exponentially Enhanced Light-Matter Interaction, Cooperativities, and Steady-State Entanglement Using Parametric Amplification, *Phys. Rev. Lett.* 120, 093601 (2018).
- [3] Sánchez Munoz C., Kockum A. F., Miranowicz A., Nori F., Ultrastrong-coupling effects induced by a single classical drive in Jaynes-Cummings-type systems, *Phys. Rev. A* 102, 033716 (2020).
- [4] Qin W., Miranowicz A., Nori F., Beating the 3 dB Limit for Intracavity Squeezing and Its Application to Nondemolition Qubit Readout, *Phys. Rev. Lett.* 129, 123602 (2022).
- [5] Chen Y.-H., Miranowicz A., Chen X., Xia Y., Nori F., Enhanced-Fidelity Ultrafast Geometric Quantum Computation Using Strong Classical Drives, *Phys. Rev. Applied* 18, 064059 (2022).
- [6] Qin W., Miranowicz A., Jing H., Nori F., Generating long-lived macroscopically distinct superposition states in atomic ensembles, *Phys. Rev. Lett.* 127, 093602 (2021).
- [7] Chen Y.-H., Qin W., Wang X., Miranowicz A., Nori F., Shortcuts to Adiabaticity for the Quantum Rabi Model: Efficient Generation of Giant Entangled Cat States via Parametric Amplification, *Phys. Rev. Lett.* 126, 023602 (2021).
- [8] Kang Y.-H., Chen Y.-H., Wang X., Song J., Xia Y., Miranowicz A., Zheng S.-B., Nori F., Nonadiabatic geometric quantum computation with cat qubits via invariant-based reverse engineering, *Phys. Rev. Research* 4, 013233 (2022).
- [9] Mercurio A., Abo S., Mauceri F., Russo E., Macri V., Miranowicz A., Savasta S., Di Stefano O., Pure Dephasing of Light-Matter Systems in the Ultrastrong and Deep-Strong Coupling Regimes, *Phys. Rev. Lett.* (2023), w druku.

Nadprzewodzące kubity i model złącza Josephsona jako układu otwartego

M. Łobejko

*Międzynarodowe Centrum Teorii Technologii Kwantowych,
Uniwersytet Gdański,
ul. Bażyńskiego 1A, 80-309 Gdańsk*

W 1962 roku Brian David Josephson publikuje pracę teoretyczną, której tytuł świadczy o potencjalnym odkryciu „nowego efektu w tunelowaniu pomiędzy nadprzewodnikami”. Ponad 60 lat później efekt ten, znany dzisiaj wszystkim jako efekt Josephsona, stał się fundamentem architektury nadprzewodzących kubitów, czyli najbardziej obiecujących technologicznie elementów komputera kwantowego. Podczas tego wykładu zaprezentuję nowy model złącza Josephsona jako układu otwartego sprzężonego z elektrodami poprzez procesy kreacji i anihilacji par Coopera. Model ten odtwarza znane charakterystyki prądowo-napięciowe złącza tj. histerezę oraz tzw. schody Shapiro. Przewiduje także nowe efekty, takie jak samo-oscylacje elektrycznego dipola, które tłumaczą obserwowaną emisję promieniowania przez złącze o częstotliwości danej przez relację Josephsona. Nowy model również w naturalny sposób wprowadza źródło prądowe, wynikające z nierównowagowego stanu elektrod, i odtwarza elektroniczną interpretację złącza jako układu zastępczego opornika, kondensatora i prądu tunelowania (tzw. model RCSJ). W przeciwieństwie jednak do wcześniejszych podejść, w nowym modelu nie tylko faza pomiędzy nadprzewodnikami jest zmienną dynamiczną, lecz również i amplituda, które razem określają makroskopową koherencję. Podejście to prowadzi do nieliniowej relacji pomiędzy napięciem, a makroskopową koherencją, co ostatecznie nadaje nowy kontekst termodynamiczny złączu Josephsona, jako układowi aktywnemu, który za sprawą sprzężenia zwrotnego działa jak silnik.

Dychotomie kwantowe a termodynamika układów koherentnych

K. Korzekwa

*Instytut Fizyki Teoretycznej,
Uniwersytet Jagielloński,
ul. prof. St. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków*

Jednym z fundamentalnych problemów statystyki kwantowej jest określenie warunków wystarczających i koniecznych na istnienie kanału kwantowego, mapującego jedną dychotomię kwantową w drugą, tj. istnienie kanału kwantowego mapującego stany kwantowe ρ_1 w ρ_2 oraz σ_1 w σ_2 . Twierdzenie Blackwella-Shermana-Steina odpowiada na klasyczną wersję tego pytania dla komutujących stanów, $[\rho_1, \sigma_1] = [\rho_2, \sigma_2] = 0$, jednak ogólne zagadnienie kwantowe z niekomutującymi stanami pozostaje otwarte. W prezentacji tej zrobię krok w kierunku rozwiązania ogólnego, rozwiązując szczególny przypadek z komutującymi stanami końcowymi, $[\rho_2, \sigma_2] = 0$, w reżimie asymptotycznym. Rozwiążę zatem problem istnienia kanałów kwantowych mapujących N układów w początkowych stanach ρ_1 w RN układów w końcowych stanach ρ_2 (z błędem transformacji ϵ mierzonym odległością śladową), przy jednoczesnym mapowaniu N układów w stanach σ_1 w RN układów w stanach σ_2 (deterministycznie), dla dużych N . Rozwiązanie uzyskane będzie poprzez wyprowadzenie optymalnego współczynnika konwersji R w reżimie małych, umiarkowanych i wielkich odchyłeń. Co więcej, dla stanów σ_1 i σ_2 będących stanami równowagi termodynamicznej, udowodnię, iż optymalne transformacje wykonać można za pomocą operacji termicznych. Dzięki temu, uzyskam narzędzia do analizy asymptotyki drugiego rzędu dla transformacji termodynamicznych z ogólnych stanów kwantowych, posiadających koherencje pomiędzy różnymi sektorami energetycznymi. Korzystając z tych narzędzi omówię wydajność optymalnych protokołów termodynamicznych z koherentnymi wejściami oraz przedstawię zjawisko koherentnego rezonansu zasobowego. Na koniec wspomnę także, w jaki sposób otrzymane wyniki, dotyczące dychotomii kwantowych, mogą zostać użyte do wyprowadzenia optymalnych współczynników konwersji między stanami spletanymi.

Spektroskopia fourierowska molekuł dwuatomowych w rejonie VUV oraz UV-Vis. Precyzyjna analiza oddziaływań wewnątrz-cząsteczkowych

R. Hakalla¹, S. Ryzner¹, M. I. Malicka², A. Stasik¹, A. N. Heays³,
R. W. Field⁴, N. de Oliveira⁵, W. Szajna¹, W. Ubachs⁶

¹*Materials Spectroscopy Laboratory,
Institute of Physics, University of Rzeszów,
Pigonia 1 Street, 35-310 Rzeszów, Poland*

²*The Faculty of Mathematics and Applied Physics,
Rzeszów University of Technology,
Powstańców Warszawy 8 Street, 35-959 Rzeszów, Poland*

³*J. Heyrovský Institute of Physical Chemistry,
Dolejškova 2155/3, 182 23 Prague 8, Czech Republic*

⁴*Department of Chemistry,
Massachusetts Institute of Technology,
Cambridge, MA02139 USA*

⁵*Synchrotron SOLEIL, Orme de Merisiers,
St. Aubin, BP 48, F-91192 Gif sur Yvette Cedex, France*

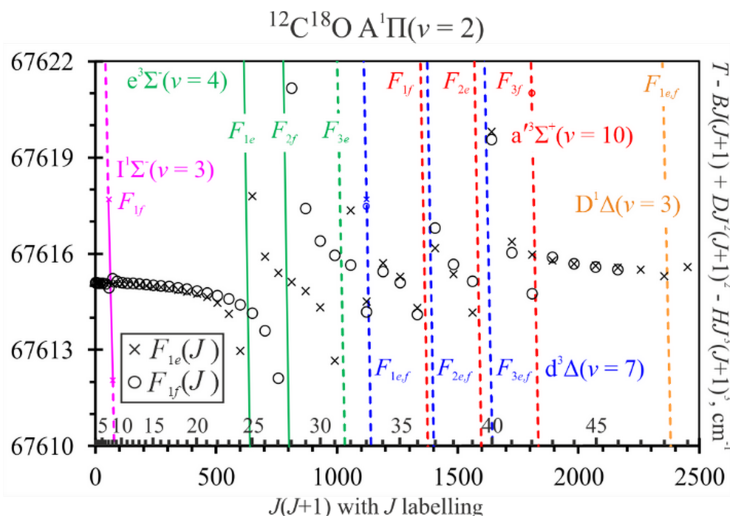
⁶*Department of Physics and Astronomy, and LaserLaB,
Vrije Universiteit, De Boelelaan 1081, 1081 HV Amsterdam, Netherlands
e-mail: rhakalla@ur.edu.pl*

Molekuły dwuatomowe od wielu lat cieszą się niesłabnącym zainteresowaniem różnych dziedzin nauki, a w ostatnich dwóch dekadach znalazły się w centrum badań spektroskopowych ze względu na nowe odkrycia, związane z egzoplanetami [1, 2]. Cząsteczki takie jak CO, CO⁺, CH, CD, AlH czy AlD pełnią ważną rolę w astrofizycznych badaniach kosmosu [3, 4]. Szczególne znaczenie przywiązuje się do wykrywania i ilościowego określania różnych naturalnych izotopologów tych molekuł w celu modelowania ewolucji kosmosu, chmur międzygwiazdowych i samych gwiazd [5, 6].

Znakomita większość badań astronomicznych opiera się wyłącznie na wynikach precyzyjnej spektroskopii atomowej i molekularnej. W celu zapewnienia wysokiej dokładności pomiarów, do realizacji niniejszego projektu użyto dwie precyzyjne i komplementarne metody spektroskopii fourierowskiej wysokich rozdzielczości:

- a) spektroskopię absorpcyjną w zakresie próżniowego ultrafioletu (VUV) przy wykorzystaniu promieniowania synchrotronowego oraz spektrometru Fouriera ze zwierciadłami Fresnela, znajdującego się w gałęzi DESIRS synchrotronu SOLEIL we Francji [7];
- b) spektroskopię emisyjną w zakresie bliskiego ultrafioletu (UV) oraz rejonu widzialnego (VIS) przy użyciu spektrometru Bruker IFS 125-HR (Uniwersytet Rzeszowski) [8].

Tak pozyskane widma zostały zinterpretowane, a rezultaty poddane wielopoziomowej analizie deperturbacyjnej opartej o Hamiltonian efektywny [9] oraz metodę jednoczesnego wyznaczania stałych molekularnych i termów energetycznych [10]. Pozwoliło to na pełny opis struktury energetycznej stanów elektronowych poprzez uwzględnienie rozległych i wielostanowych perturbacji (Rysunek 1) zarówno homogenicznych, jak i heterogenicznych oddziaływań bezpośrednich, a także pośrednich [8, 11, 12].



Rysunek 1: Termy zredukowane (cm^{-1}) poziomu $A^1\Pi$ ($\nu = 2$) oraz jego perturbentów w molekułe $^{12}\text{C}^{18}\text{O}$ [11]

Podziękowania

R. Hakalla dziękuje konsorcjum LASERLAB-EUROPE za sfinansowanie niniejszych badań (granty EUH2020-RIP-654148 oraz EC's-SPF-284464). Autorzy wyrażają swoją wdzięczność zarządowi oraz obsłudze technicznej synchrotronu SOLEIL (St. Aubin, Francja) za umożliwienie przeprowadzenia pomiarów z wykorzystaniem wiązki DESIRS (projekty 20120653 i 20160118).

Bibliografia

- [1] Tennyson J., Yurchenko S. N., ExoMol: Molecular Line Lists for Exoplanet and Other Atmospheres: ExoMol: Molecular Line Lists, Mon. Notices Royal Astron. Soc. 425, 21 (2012).
- [2] Tennyson J., Yurchenko S., The ExoMol Atlas of Molecular Opacities, Atoms 6, 26 (2018).
- [3] Tinetti G. *et al.*, A Chemical Survey of Exoplanets with ARIEL, Exp. Astron. 46, 135 (2018).
- [4] Wang Y., Tennyson J., Yurchenko S., Empirical Line Lists in the ExoMol Database, Atoms 8, 7 (2020).
- [5] Bally J., Langer W. D., Isotope-Selective Photodestruction of Carbon-Monoxide, Astrophys. J. 255, 143 (1982).
- [6] Bennett C. J., Jamieson C. S., Kaiser R. I., Mechanistical Studies on the Formation and Destruction of Carbon Monoxide (CO), Carbon Dioxide (CO_2), and Carbon Trioxide (CO_3) in Interstellar Ice Analog Samples, Phys. Chem. Chem. Phys. 12, 4032 (2010).
- [7] de Oliveira N., Joyeux D., Roudjane M., Gil J.-F., Pilette B., Archer L., Ito K., Nahon L., The High-Resolution Absorption Spectroscopy Branch on the VUV Beamline DESIRS at SOLEIL, J. Synchrotron Radiat. 23, 887 (2016).

- [8] Hakalla R. *et al.*, Fourier-Transform Spectroscopy of $^{13}\text{C}^{17}\text{O}$ and Deperturbation Analysis of the $\text{A}^1\Pi$ ($\nu = 0-3$) Levels, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.* 189, 312 (2017).
- [9] Western C. M., PGOPHER: A Program for Simulating Rotational, Vibrational and Electronic Spectra, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.* 186, 221 (2017).
- [10] Watson J. K. G., On the Use of Term Values in the Least-Squares Fitting of Spectra, *J. Mol. Spectrosc.* 138, 302 (1989).
- [11] Malicka M. I., Ryzner S., Heays A. N., de Oliveira N., Field R. W., Ubachs W., Hakalla R., Deperturbation Analysis of the $\text{A}^1\Pi$ ($\nu = 2$) Level in the $^{12}\text{C}^{18}\text{O}$ Isotopologue, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf.* 273, 107837 (2021).
- [12] Ryzner S., Malicka M. I., Heays A. N., Field R. W., de Oliveira N., Szajna W., Ubachs W., Hakalla R., VUV-VIS FT Spectroscopy of the Rare $^{13}\text{C}^{18}\text{O}$ Isotopologue of Carbon Monoxide: Analysis of the $\text{A}^1\Pi$ ($\nu = 1$) Multiply-Perturbed Level, *Spectrochim. Acta A Mol. Biomol. Spectrosc.* 279, 121367 (2022).

Badania oddziaływań wewnątrz- i międzycząsteczkowych w wybranych kompleksach inkluzyjnych typu gospodarz-gość

M. Józefowicz, K. Baranowska, M. Miotke-Wasilczyk

*Instytut Fizyki Doświadczalnej,
Uniwersytet Gdański,
ul. Wita Stwosza 57, 80-308 Gdańsk
e-mail: marek.jozefowicz@ug.edu.pl*

W branży farmaceutycznej istnieje duże zapotrzebowanie na nowe, innowacyjne lekarstwa, wpisujące się w nurt terapii celowanej. Ze względu na wysokie koszty oraz długi proces syntezy i badań klinicznych nad lekami, inną drogą rozwoju przemysłu farmaceutycznego może być ulepszanie istniejących już substancji czynnych, poprzez inkludowanie ich do nośników makrocyclicznych lub polimerowych. Bardzo ważne dla firm farmaceutycznych, dla których kluczowe jest odkrywanie innowacyjnych rozwiązań i stosowanie najnowszych technologii, jest zrozumienie różnych procesów fotofizycznych i fotochemicznych zachodzących w układzie molekula organiczna (potencjalny lek)-związek makrocycliczny. Celem wykładu będzie scharakteryzowanie oddziaływań molekularnych pomiędzy wybranymi molekułami organicznymi wykazującymi zjawisko TICT (*Twisted Intramolecular Charge Transfer*) i ESIPT (*Excited State Intramolecular Proton Transfer*) a związkami makrocyclicznymi, które dzięki swej budowie są zdolne do tworzenia kompleksów inkluzyjnych [1-4]. Poznanie i zrozumienie mechanizmów kontrolujących ten proces będzie możliwe dzięki analizie wyników badań, uzyskanych przy użyciu metod spektroskopii stacjonarnej i rozdzielonej w czasie oraz magnetycznego rezonansu jądrowego. Dodatkowo, zostanie omówiony wpływ budowy przestrzennej związku makrocyclicznego (wielkość wnęki i jej kształt) na kinetykę procesu tworzenia się kompleksów inkluzyjnych typu gospodarz-gość, ich stechiometrię oraz stabilność.

Bibliografia

- [1] Baranowska K., Józefowicz M., J. Mol. Liq. 265, 140 (2018).
- [2] Baranowska K., Bajorek A., Pietrzak M., Józefowicz M., J. Mol. Liq. 302, 112430 (2020).
- [3] Baranowska K., Mońka M., Kowalczyk A., Szpakowska N., Kaczyński Z., Bojarski P., Józefowicz M., J. Mol. Liq. 318, 113921 (2020).
- [4] Baranowska K., Mońka M., Bojarski P., Józefowicz M., Int. J. Mol. Sci. 22, 11705 (2021).

Dimery van der waalsowskie w wiązce molekularnej – od wytwarzania do nowych metod wyznaczania potencjałów stanów elektronowych

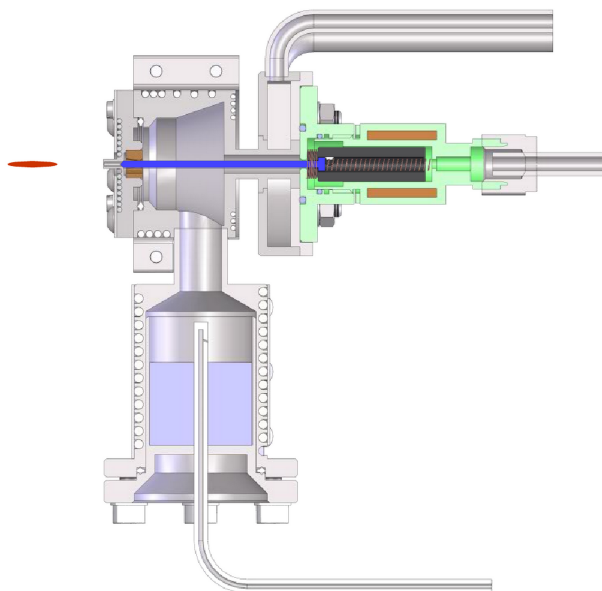
T. Urbanczyk¹, J. Koperski¹, M. Krośnicki²

¹*Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego,
Uniwersytet Jagielloński,
ul. prof. St. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków*

²*Instytut Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki,
Uniwersytet Gdański,
ul. Wita Stwosza 57, 80-308 Gdańsk
e-mail: tomek.urbanczyk@uj.edu.pl*

W wykładzie zostaną omówione dwa zagadnienia, będące przedmiotem badań prowadzonych w Grupie Molekularnej Spektroskopii Laserowej w Instytucie Fizyki UJ. Pierwsze z omawianych zagadnień dotyczy rozwoju metod eksperymentalnych, związanych z techniką naddźwiękowej wiązki molekularnej. Zostaną zaprezentowane dwa źródła wiązki: wysokotemperaturowe źródło o pracy impulsowej do wytwarzania dimerów van der waalsowskich, zawierających atom kadmu [1] (przekrój modułu źródła pokazano na Rysunku 1) oraz źródło o pracy ciągłej [2], które dzięki unikatowej konstrukcji umożliwia pracę z cynkiem, który w wysokich temperaturach powoduje szybką degradację tradycyjnych materiałów, stosowanych w konstrukcji tego typu urządzeń (tzn. różnych gatunków stali). Ponadto, zaprezentuję nowobudowany moduł źródła, który może pracować w temperaturach przekraczających 1000°C, dzięki czemu możliwe będzie wytwarzanie dimerów, zawierających atom iterbu.

Jednym z głównych celów prowadzenia badań spektroskopowych dimerów van der waalsowskich jest wyznaczanie potencjałów badanych molekularnych stanów elektronowych na podstawie obserwowanych widm. Tradycyjnie stosuje się w tym celu metody takie jak np. RKR lub IPA (metoda odwróconego podejścia perturbacyjnego). W wystąpieniu przedstawię alternatywne metody wyznaczania potencjałów stanów elektronowych dimerów, wykorzystujące zarejestrowane widma, a bazujące na technikach sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego. Metody te są rozwijane w Grupie Molekularnej Spektroskopii Laserowej we współpracy z grupą prof. Marka Krośnickiego z Uniwersytetu Gdańskiego. W swoim działaniu wykorzystują one sztuczne sieci neuronowe [3] (w tym tzw. sieci głębokie [4]) oraz algorytmy genetyczne [5] i mogą być stosowane zarówno w przypadku analizy widm wzbudzenia (przejścia $bound \leftarrow bound$), jak i widm fluorescencji (przejścia $bound \rightarrow free$).



Rysunek 1: Przekrój wysokotemperaturowego modułu źródła o pracy impulsowej, umożliwiającego wytwarzanie dimerów zawierających atom kadmu

Bibliografia

- [1] Urbańczyk T., Koperski J.. High-temperature high-pressure all-metal pulsed source of van der Waals dimers: Towards the Einstein-Podolsky-Rosen experiment, *Rev. Sci. Instrum.* 83, 083114 (2012).
- [2] Dudek J., Puczką K., Urbańczyk T., Koperski J., High-temperature continuous molecular beam source for aggressive elements: An example of zinc, *Rev. Sci. Instrum.* 90, 115109 (2019).
- [3] Urbańczyk T., Koperski J., Neural networks and determination of diatomic molecule interatomic potential of cadmium dimer, *Spectrochim. Acta. A* 189, 502 (2018).
- [4] Horwat D., Krośnicki M., Urbańczyk T., Koperski J., Deep neural network for fitting analytical potential energy curve of diatomic molecules from ro-vibrational spectra, *Mol. Simul.* 47, 650 (2021).
- [5] Urbańczyk T., Koperski J., Genetic Algorithm for quick finding of diatomic molecule potential parameters, *Mol. Simul.* 46, 1073 (2020).

Widma referencyjne cząsteczek atmosferycznych – pomiaru oraz porównanie z wynikami obliczeń ab initio

K. Bielska¹, A. A. Kyuberis², Z. D. Reed³, G. Li⁴, S. Wójtewicz¹,
J. Domysławska¹, A. A. Balashov¹, D. D. Tran¹, A. Cygan¹,
R. Ciuryło¹, E. M. Adkins³, L. Lodi⁵, N. F. Zobov⁵, V. Ebert⁴,
D. Lisak¹, J. T. Hodges³, J. Tennyson⁵, O. L. Polyansky⁵

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

²*Van Swinderen Institute for Particle Physics and Gravity,
University of Groningen, Nijenborgh 4, 9747AG Groningen, The Netherlands*

³*Chemical Sciences Division,
National Institute of Standards and Technology,
Gaithersburg, Maryland 20899, USA*

⁴*PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt),
Bundesallee 100, 38116 Braunschweig, Germany*

⁵*Department of Physics and Astronomy, University College London,
Gower Street, London WC1E 6BT, United Kingdom*

Zdalne pomiary spektroskopowe, prowadzone w atmosferze ziemskiej zarówno z naziemnych stacji badawczych jak i satelitów, umożliwiają monitorowanie stanu naszej atmosfery oraz zachodzących w niej procesów. Do kluczowych molekuł należą m.in. woda, dwutlenek węgla, ozon, podtlenek azotu, tlenek węgla, metan oraz tlen. Szczególne znaczenie mają słabe linie molekularne, gdyż w tym przypadku nawet na wielokilometrowej drodze nie dochodzi do nasycenia absorpcji.

Widma tlenu wykorzystywane są między innymi do określania ciśnienia i temperatury poszczególnych warstw atmosfery. Do niedawna wykorzystywane było głównie pasmo A, które jest najsilniejszym pasmem w czerwonej części widma tlenu. Pokazano, że równoległe użycie widm odpowiadających 15 razy słabszemu pasmu B w wielu zastosowaniach poprawia dokładność pomiaru, jednak do niedawna wysokiej jakości dane referencyjne były niedostępne. Zostaną zaprezentowane wyniki pomiarów parametrów kształtu linii widmowych z pasma B tlenu, rozszerzonych przez powietrze, wraz z ich zależnościami od temperatury [1].

W niektórych spośród zastosowań zdalnych pomiarów atmosferycznych, wymagane jest określanie zawartości poszczególnych gazów na promilowym poziomie dokładności. Przykładowo, w przypadku dwutlenku węgla określanie jego źródeł oraz dróg usuwania z atmosfery wymaga dokładności rzędu 1 ppm (część na milion) co odpowiada względnej dokładności 0.25% [2]. Podobnie w przypadku występującego w atmosferze w śladowych ilościach tlenku węgla, oczekiwane są dokładności pomiarów

rzędu 0.5% [3]. W niektórych zdalnych pomiarach satelitarnych raportuje się względne dokładności bliskie 0.2% [4].

Do niedawna nie były dostępne dane referencyjne, które umożliwiałyby określenie składu badanej próbki bez utraty deklarowanej obserwacyjnej dokładności: wyniki pomiarów natężeń linii, uzyskiwane w różnych laboratoriach, charakteryzowały się kilkuprocentowym względnym rozrzutem. Zaprezentowane zostaną najnowsze wyniki pomiarów i obliczeń natężeń linii w widmie tlenku węgla, gdzie po raz pierwszy osiągnięto zgodność na poziomie promilowym pomiarów wykonanych różnymi technikami w różnych laboratoriach oraz obliczeń *ab initio* [5]. Ponadto, pokazane zostaną wyniki pierwszych pomiarów linii z bardzo słabego pasma rowibracyjnego CO, również porównane z wynikami obliczeń [6].

Bibliografia

- [1] Bielska K. i in., w przygotowaniu.
- [2] Thompson D. R. i in., J. Quant. Spectrosc. Radiat. T. 113, 2265 (2012); Miller C. i in., J. Geophys. Res. 112, D10314 (2007).
- [3] red. Tans P., Zellweger P., 18th WMO/IAEA meeting on carbon dioxide, other greenhouse gases and related measurement techniques (GGMT-2015). GAW Report No. 229: World Meteorological Organization (2016).
- [4] Yuan Y. i in., Remote Sens. 11, 2981 (2019); Wunch D. i in., Phil. Trans. Roy. Soc. A 369, 2087 (2011).
- [5] Bielska K. i in., Phys Rev. Lett. 129, 043002 (2022).
- [6] Balashov A. A. i in., w przygotowaniu.

Pędem ku nowej fizyce – CERN na froncie badań podstawowych

S. Trojanowski

*AstroCeNT,
Centrum Astronomicznego im. M. Kopernika
Polskiej Akademii Nauk,
ul. Rektorska 4, 00-614 Warszawa
Grupa Teorii Cząstek,
Narodowe Centrum Badań Jądrowych,
ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa*

Podczas kilku dziesięcioleci swojego istnienia, ośrodek naukowy Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych CERN był świadkiem wielu spektakularnych odkryć naukowych, które znacznie poszerzyły naszą wiedzę na temat tego, jak działa natura w najmniejszej skali. Wciąż jednak wypatrujemy dalszych przełomowych wyników badań, a wielka rodzina eksperymentów w CERN nie tylko rozwija się poprzez doskonalenie obecnych metod pomiarów, ale również powiększa o nowe detektory. W tym wystąpieniu przyjrzymy się krótko wybranym aspektom takich poszukiwań od strony ich motywacji teoretycznych oraz ideom, które za nimi stoją. Badania prowadzone w CERN są bez wątpienia jednym z najbardziej doniosłych przykładów współpracy pomiędzy fizyką eksperymentalną i teoretyczną w celu lepszego zrozumienia Wszechświata.

Higgs to nie wszystko – czemu i jak poszukujemy nieznanego

P. Bruckman

*Instytut Fizyki Jądrowej
Polskiej Akademii Nauk,
ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków*

Model Standardowy Cząstek Elementarnych (MS) od czasu swojego powstania w latach 70-tych święci spektakularne sukcesy. Ich zwieńczeniem było odkrycie cząstki Higgsa przez eksperymenty ATLAS i CMS na akceleratorze LHC w 2012 roku. Okrzyknięto go ostatnią brakującą cegiełką MS. Czego chcemy się dowiedzieć więcej i jak to robimy badając zderzenia protonów przy najwyższych energiach dostępnych w laboratorium?

W prezentacji pokrótce przyjrzymy się kierunkom poszukiwań tzw. „nowej fizyki”, metodom eksperymentalnym i podsumujemy dotychczasowe wyniki eksperymentu ATLAS.

Czy istnieją nowe cząstki i czy możemy je odkryć? Poszukiwania „nowej fizyki” w CMS/LHC/CERN

M. Kazana

*Narodowe Centrum Badań Jądrowych,
ul. Andrzeja Soltana 7, 05-400 Otwock*

CMS, bratni eksperyment detektora ATLAS, przy akceleratorze LHC w CERN prowadzi szeroko zakrojone badania struktury materii szukając sygnałów nieznanymi cząstek, weryfikując liczne naukowe hipotezy nazywane „nową fizyką”, które chciałyby wyjaśnić, jak ewoluował nasz Wszechświat i znaleźć prawa nim rządzące. Zagadnienie jest o tyle ciekawe, że wyniki z ATLAS i CMS świetnie zgadzają się z przewidywaniami Modelu Standardowego cząstek elementarnych i pomimo dużych oczekiwań, że po bozonie Higgsa LHC będzie odkrywać kolejne nowe cząstki przewidywane m.in. przez „supersymetrię”, która miała wyjaśnić wartość masy bozonu Higgsa, czy czym jest ciemna materia, dotychczas nie znaleziono dowodów na istnienie nowych cząstek.

Rodzi to pytanie, czego szukamy, czy wystarczająco dobrze szukamy i co robimy, żeby nie przeoczyć nieznanego.

W prezentacji zostaną omówione metody poszukiwań i aktualne wyniki eksperymentu CMS.

Powab i Piękno Nowej Fizyki – poszukiwania w eksperymencie LHCb

A. Obłąkowska-Mucha

*Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej,
Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail: agnieszka.mucha@agh.edu.pl*

Model Standardowy (MS) święci w tym roku 50-te urodziny [1], a dekady badań eksperymentalnej fizyki wysokich energii sukcesywnie potwierdzają jego postulaty. Czy to jest sukces, czy porażka? W ostatnich latach pojawiły się wyniki doświadczalne, które rzuciły nowe światło na uniwersalność leptonową [2], pokazały łamanie symetrii CP [3] czy nowych kandydatów na ciemną materię. W czasach, w których odkrycie bozonu Higgsa stało się już rozdziałem w szkolnym podręczniku do fizyki, naukowcy głodni są wyników, które nie pasują do potwierdzonych schematów. Jak szukać Nowej Fizyki, gdy mamy do dyspozycji jedynie „ziemskie” przyrządy działające w oparciu o „zwykłe” oddziaływania?

Pierwsze „anomalie”, czyli niezgodności z MS, dotyczą mionów. Pokazana została rozbieżność pomiędzy teoretycznym a zmierzonym momentem magnetycznym mionu oraz anomalie w rozpadach pięknych mezonów na miony [4]. Pozostałe wyniki wywołują jedynie lekki niepokój eksperymentatorów, nie ma widocznych przesłanek świadczących o odkryciu tzw. fizyki poza Modelem Standardowym.

W prezentacji pokażę możliwości spektrometru LHCb badań fizyki ciężkich zapachów w odkrywaniu zjawisk wymagających rozszerzenia Modelu Standardowego. Omówię również wyzwania, jakie stoją przed detektorami w nowych eksperymentach przy zderzaczach hadronów o wysokiej świetlności [5].

Podziękowania

Badania zostały częściowo sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki (grant nr UMO-2019/35/O/ST2/00546) oraz MEiN.

Bibliografia

- [1] Weinberg S., Phys. Rev. Lett. 121, 220001 (2018).
- [2] LHCb Colaboration, arXiv:2212.09153, LHCb-PAPER-2022-045, Phys. Rev. D (2022).
- [3] LHCb Collaboration, arXiv:2206.07622, LHCb-PAPER-2021-049, Phys. Rev. D (2022).
- [4] LHCb Collaboration, Phys. Rev. Lett. 128, 041801 (2022).
- [5] LHCb Collaboration, LHCC-2018-027.

Neutrina sterylne – yeti wśród cząstek elementarnych

J. Łagoda

*Narodowe Centrum Badań Jądrowych,
ul. Andrzeja Soltana 7, 05-400 Otwock*

Neutrino to bardzo lekkie, ulotne cząstki elementarne, nie posiadające ładunku elektrycznego. Od dawna wiadomo, że bardzo słabo oddziałują z materią. Ale czy istnieją też neutrino nie oddziałujące (tzw. sterylne)? I w jaki sposób można by potwierdzić ich istnienie doświadczalnie? W prezentacji postaram się odpowiedzieć na te pytania. Opowiem, skąd wzięła się hipoteza neutrin sterylnych, jakie są metody poszukiwań oraz przedstawię najnowsze wyniki doświadczalne.

Kontrola zjawisk nieliniowych w femtosekundowych laserach światłowodowych

G. Soboń

*Grupa Elektroniki Laserowej i Światłowodowej,
Politechnika Wrocławska,
ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
e-mail: grzegorz.sobon@pwr.edu.pl*

Lasery emitujące impulsy ultrakrótkie są niezbędnymi narzędziami w wielu obszarach nauki i przemysłu, np. w obróbce materiałów, obrazowaniu biomedycznym czy spektroskopii. Lasery femtosekundowe stanowią podstawę wielu technik nagrodzonych Nagrodą Nobla, takich jak wzmacnianie impulsów ultrakrótkich (CPA, Strickland i Mourou, 2018), optyczne grzebieńnię częstotliwości (Hänsch i Hall, 2005) czy spektroskopia ultraszybka (Zewail, 1999). Pomimo długiej historii, lasery ultraszybkie są stale rozwijane; nadal pozostaje wiele wyzwań naukowych i technicznych do rozwiązania.

Główne problemy związane z laserami femtosekundowymi to ich złożoność, często duże rozmiary i konieczność okresowych przeglądów. Znaczącym krokiem w kierunku niezawodnych i kompaktowych laserów femtosekundowych było wprowadzenie technologii światłowodowej. Obecnie lasery całkowicie światłowodowe, tzw. all-fiber (tj. zbudowane w całości ze światłowodów i komponentów światłowodowych, bez obiektów optycznych) są w stanie generować impulsy o czasie trwania rzędu kilku cykli (kilkanaście femtosekund), zajmując powierzchnię mniejszą niż 20×20 cm, za cenę rzędu kilku tysięcy złotych. Jednakże moc wyjściowa takich układów jest fizycznie ograniczona przez efekty nieliniowe, występujące w światłowodach, które prowadzą do rozpadu impulsu lub niepożądanego poszerzenia spektralnego. Istnieje kilka sposobów na ominięcie ograniczenia, wynikającego z nieliniowości (np. wspomniana wcześniej technika CPA). Jednakże, zwykle niepożądane efekty nieliniowe można obrócić w zaletę i wykorzystać do poprawy wydajności laserów femtosekundowych. Nieliniowe wzmacniacze światłowodowe w połączeniu z femtosekundowymi oscylatorami dają możliwość generowania w bardzo prosty sposób impulsów laserowych o długości kilku cykli optycznych. Ponadto, efekty nieliniowe, zachodzące w światłowodach i kryształach, można wykorzystać do efektywnej i łatwej konwersji promieniowania laserowego w zakresy spektralne, leżące poza pasmem wzmocnienia typowych ośrodków wzmacniających.

W referacie zaprezentowane zostaną najnowsze osiągnięcia Grupy w zakresie generacji impulsów ultrakrótkich z laserów światłowodowych, a także ich konwersji w nowe zakresy spektralne. Ponadto, omówione zostaną możliwości zastosowania metod uczenia maszynowego w optymalizacji laserów femtosekundowych, pracujących w reżimie silnie nieliniowym.

Wpływ dyspersji w całkowicie światłowodowym rezonatorze na tryby pracy ultraszybkich oscylatorów laserowych

Y. Stepanenko

*Instytut Chemii Fizycznej
Polskiej Akademii Nauk,
ul. Kasprzaka 44/52, 01-224 Warszawa*

Ultraszybkie, całkowicie światłowodowe oscylatory emitujące impulsy laserowe w okolicy $1\text{ }\mu\text{m}$ są zwykle kojarzone z wnękami o całkowicie normalnej dyspersji, które działają w trybie dyssypujących solitonów. Ograniczenie się do rezonatorów tego typu ogranicza zakres parametrów generowanych impulsów laserowych.

Przedstawię oscylator światłowodowy, zbudowany w oparciu o aktywny światłowód domieszkowany jonami Yb, który działa w trybie dyssypujących solitonów z kontrolą dyspersji, dzięki zastosowaniu we wnęcie laserowej siatki Bragga ze świergotem.

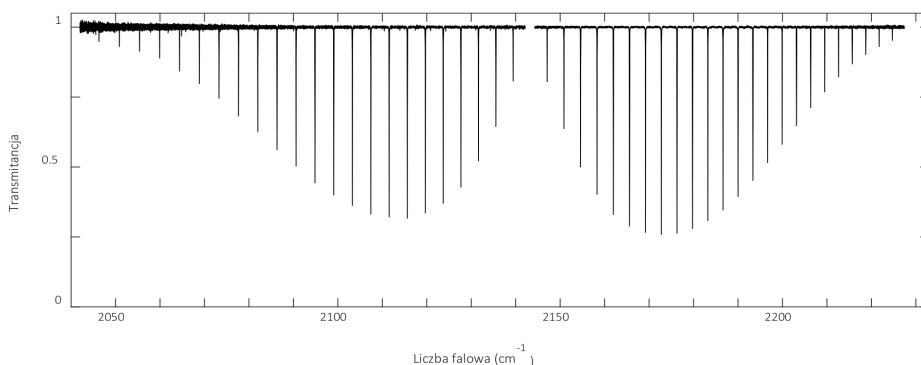
Oscylator, wykorzystujący nieliniowe lustro pętlowe jako nasycalny absorber, zbudowany jest w niekonwencjonalnej geometrii wnęki laserowej – liniowo-pierścieniowej – o sumarycznej anomalnej dyspersji. W przeciwieństwie do standardowych rezonatorów pierścieniowych, ultrakrótki impuls jest wzmacniany dwukrotnie podczas propagacji w odcinku liniowym. Przedstawiona konfiguracja umożliwia generację impulsów o energii do 6.4 nJ przy użyciu standardowych jednomodowych światłowodów podtrzymujących polaryzację.

Spektroskopia szerokopasmowa z grzebieniami częstotliwości optycznych

P. Maślowski

*Instytut Fizyki,
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu,
ul. Grudziądzka 5, 87-100 Toruń
e-mail: pima@fizyka.umk.pl*

Rozwój optycznych grzebieni częstości na przełomie wieków zrewolucjonizował metrologię częstości [1]. Periodyczny ciąg impulsów z dopasowanego modowo (*mode-locked*) femtosekundowego lasera powoduje powstanie grzebienia częstości optycznych. Szerokie widmo takiego lasera składa się z dziesiątek tysięcy równoodległych wąskich linii („zębów”) grzebienia, rozmieszczonych w szerokim zakresie częstości na przestrzeni dziesiątek czy nawet setek nanometrów. Częstość każdego z takich „zębów” jest ściśle określona przez dwie częstości radiowe – częstość repetycji lasera femtosekundowego i częstość offsetową, powstającą w wyniku różnicy prędkości grupowej i fazowej we wnętrzu lasera. Poprzez bezpośrednie połączenie domen częstości radiowych i optycznych, grzebień częstości optycznych stał się narzędziem pozwalającym na łatwy pomiar częstości optycznych z nieosiągalną wcześniej precyzją i dokładnością.



Rysunek 1: Widmo fundamentalnego pasma absorpcyjnego CO zaburzonego azotem w zakresie $4.6\ \mu\text{m}$. Widmo zmierzono przy pomocy mechanicznego interferometru Michelsona, z wykorzystaniem femtosekundowego (czas trwania impulsu ok. 150 fs) optycznego oscylatora parametrycznego, pompowanego przez laser światłowodowy. Czas pomiaru każdej z gałęzi pasma to 2 minuty dla 50 pomiarów, czas jednego pomiaru to 11 s, rozdzielczość spektralna poniżej 100 kHz

Równolegle do zastosowań w metrologii zaczęto rozwijać techniki pomiarowe, bezpośrednio wykorzystujące grzebień częstotliwości optycznych do pomiarów spektroskopowych [2]. Pozwalają one na połączenie wysokiej zdolności rozdzielczej z jednoczesnym pomiarem absorpcji w szerokim zakresie częstotliwości, umożliwiając pomiary linii absorpcyjnych wielu różnych molekuł jednocześnie. Dzięki dużej energii światła w impulsie, możliwe jest efektywne przeniesienie widma grzebień w różne zakreś widmowe od głębokiego ultrafioletu do dalekiej podczerwieni. Stosowane techniki obejmują spektroskopię fourierowską, opartą zarówno na mechanicznym interferometrze Michelsona, jak i wykorzystującą technikę *dual-comb spectroscopy* [3, 4], jak i spektrometry dyspersyjne. Możliwe jest także połączenie pomiaru szerokopasmowego z wykorzystaniem wnęki optycznych [5].

W czasie wystąpienia omówię ideę spektroskopii fourierowskiej z rozdzielczością spektralną, nieograniczoną różnicą dróg optycznych [6], oraz wyniki pomiarów szerokopasmowych z rozdzielczością spektralną poniżej 1 kHz [7], jak przestawię wyniki szerokopasmowych pomiarów absorpcyjnych w zakresie średniej podczerwieni [8]. Przykład szerokopasmowego widma uzyskanego przy wykorzystaniu optycznego grzebień częstotliwości przedstawiono na Rysunku 1. Omówię także szerokopasmowe pomiary nowymi technikami, opartymi na spektroskopii rezonansów wnęki optycznych – w tym spektroskopii dyspersyjnej, opartej jedynie na pomiarach częstotliwości [9] oraz szerokopasmową spektroskopię zaników czasów we wnęcie (*cavity-ringdown spectroscopy*), z wykorzystaniem dwóch grzebień optycznych [10].

Bibliografia

- [1] Diddams S. A., Jones D. J., Ye J., Cundiff S. T., Hall J. L., Ranka J. K., Windeler R. S., Holzwarth R., Udem T., Hansch T. W., Phys. Rev. Lett. 84, 5102 (2000).
- [2] Masłowski P., Cossel K. C., Foltynowicz A., Ye J., in Cavity-Enhanced Spectroscopy and Sensing, vol. 179, p. 271, edited by G. Gagliardi and H.-P. Loock, Springer Berlin Heidelberg (2014).
- [3] Keilmann F., Gohle C., Holzwarth R., Opt. Lett. 29, 1542 (2004).
- [4] Coddington I., Swann W. C., Newbury N. R., Phys. Rev. Lett. 100, 013902 (2008).
- [5] Foltynowicz A., Ban T., Masłowski P., Adler F., Ye J., Phys. Rev. Lett. 107, 233002 (2011).
- [6] Masłowski P. *et al.*, Phys. Rev. A 93, 021802 (2016).
- [7] Kowzan G., Charczun D., Cygan A., Trawinski R. S., Lisak D., Masłowski P., Sci. Rep. 9, 8206 (2019).
- [8] Nishiyama A., Kowzan G., Charczun D., Masłowski P., in Proceedings of the 2022 Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim, Optica Publishing Group (2022).
- [9] Charczun D., Nishiyama A., Kowzan G., Cygan A., Voumard T., Wildi T., Herr T., Brasch V., Lisak D., Masłowski P., Measurement 188, 110519 (2022).
- [10] Lisak D., Charczun D., Nishiyama A., Voumard T., Wildi T., Kowzan G., Brasch V., Herr T., Fleisher A. J., Hodges J. T., Ciuryło R., Cygan A., Masłowski P., Sci. Rep. 12, 2377 (2022).

Soczewki czasowe w interfejsach kwantowych

M. Karpiński

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

Optyka czasowa pozwala zastosować znane pojęcia dotyczące propagacji światła w przestrzeni do opisu propagacji krótkich impulsów światła w ośrodkach dyspersyjnych. W szczególności, soczewki czasowe umożliwiają zmianę widma impulsów światła, tak jak soczewki przestrzenne zmieniają kształt frontu falowego przestrzennych wiązek światła. Możliwe jest także obrazowanie profilu czasowego impulsów, w analogii do przestrzennego obrazowania. Realizacja soczewki czasowej wymaga poddania impulsu kwadratowo zmiennej w czasie modulacji fazy. Tego typu modulację można wprowadzić elektrooptycznie, wykorzystując efekt Pockelsa, lub wykorzystując optyczne efekty nieliniowe [1].

W prezentacji przedstawię wykorzystanie soczewek czasowych, w połączeniu z propagacją w ośrodku z dyspersją prędkości grupowej, do realizacji spójnej modyfikacji szerokości widmowej jednofotonowych impulsów światła. Tego typu układ stanowi interfejs kwantowy: umożliwia wydajne sprzęganie pojedynczych obiektów kwantowych poprzez dopasowanie szerokości widmowej fotonu do szerokości linii absorpcji obiektu. Wykorzystanie metod optyki czasowej pozwala dokonać modyfikacji bez użycia filtrowania, co pozwala uniknąć utraty fotonów, ani wzmocnienia, co pozwala uniknąć szumu wzmocnienia [2]. W szczególności przedstawię wykorzystanie elektrooptycznej czasowej soczewki Fresnela do realizacji wydajnej zmiany szerokości widmowej fotonu o ponad dwa rzędy wielkości [3]. Interfejs tego typu umożliwi połączenie optycznych pamięci kwantowych ze standardowymi optycznymi łączami światłowodowymi.

Bibliografia

- [1] Torres-Company V., Lancis J., Andres P., Space-time analogies in optics, *Prog. Opt.* 56, 1 (2011).
- [2] Karpiński M., Davis A. O. C., Sośnicki F., Thiel V., Smith B. J., Control and measurement of quantum light pulses for quantum information science and technology, *Adv. Quantum Technol.* 4, 2000150 (2021).
- [3] Sośnicki F., Mikołajczyk M., Golestani A., Karpiński M., Interface between picosecond and nanosecond quantum light pulses, *Nat. Photon.* (2023). <https://doi.org/10.1038/s41566-023-01214-z>

Energetic Processing of Molecular Clusters and Astrophysical Ices by Ion Impact

A. Domaracka, P. Boduch, H. Rothard, P. Rousseau

*Centre de Recherche sur les Ions,
les Matériaux et la Photonique (CIMAP) - UMR 6252,
CEA/CNRS/ENSICAEN/Université de Caen Normandie,
Boulevard Henri Becquerel, CS 65133 14076 Caen cedex 5, France
e-mail: domaracka@ganil.fr*

In space, the molecular matter is energetically processed by ionizing radiation and two scenarios are proposed to explain the emergence of new molecular species. On the one hand, the *bottom-up* approach proposes the growth of larger molecules from smaller subunits. On the other hand, the *top-down* scenario considers the emission of molecular species from a large piece of matter. In order to study the processes leading to the formation of complex organic molecules, we have considered ion interaction with molecular clusters or icy mantels.

Molecular systems in space are exposed to energetic ions *e.g.* solar wind or ions trapped in the Jupiter magnetosphere and cosmic rays. The GANIL facility (Grand Accélérateur National d'Ions Lourds, Caen, France), a unique tool to study ion interactions with matter, allows to study ion induced fragmentation and reactivity of such systems in a very large range of kinetic energies of projectiles (from keV to GeV, ions from He to U). Recently, we have evidenced that ion collision can lead to molecular complexification within molecular clusters: (i) intra-cluster molecular growth processes in clusters of polycyclic aromatic hydrocarbons or fullerenes (*e.g.* [1-3]). This growth is driven by the prompt fragmentation of molecules in loosely bound clusters when the impacting projectile ion deposits a large amount of energy and momentum to individual atoms through nuclear scattering (*knock-out processes*) leading to the formation of reactive species. These molecular fragments may form covalent bonds with neighboring molecules in the cluster on sub-picosecond time scales, well before the excited cluster dissociates. (ii) Formation of peptide bonds in collisions of a single He^{2+} ion with amino acid b-alanine clusters [4]. We attribute the formation of polypeptides to specific energy transfers resulting from the collision with He^{2+} ions, which are in contrast to photon collisions not localized but rather distributed along the ion trajectory in the cluster. Excitation and ionization processes in the collision, are followed by proton transfer that leads to weakly bound protonated molecular clusters. They are stabilized through the formation of peptide bonds, releasing water molecules via low energy barriers. Examples of ion processing of astrophysical ice analogues and condensed complex organic molecules (like nucleobases) will be also presented (*e.g.* [5-7]).

Acknowledgement

The research was conducted in the framework of the International Associated Laboratory (LIA) DYNAMO, funded by the CNRS and it is partly co-financed by the Normandy Region and the EU in the frame of operational program FEDER/FSE 2014-2020 (RIN MAGIC) and by the French ANR agency (ANR-18-CE30-0021). We also acknowledge the MD-GAS COST Action.

References

- [1] Delaunay R., Gatchell M., Rousseau P., Domaracka A., Maclot S., Wang Y., Stockett M. H., Chen T., Adoui L., Alcamí M., Martin F., Zettergren H., Cederquist H., and Huber B. A., Molecular Growth Inside of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Clusters Induced by Ion Collisions, *J. Phys. Chem. Lett.* 6, 1536 (2015).
- [2] Delaunay R., Gatchell M., Mika A., Domaracka A., Adoui L., Zettergren H., Cederquist H., Rousseau P., and Huber B. A., Shock-driven formation of covalently bound carbon nanoparticles from ion collisions with clusters of C60 fullerenes, *Carbon* 129, 766 (2018).
- [3] Domaracka A., Delaunay R., Mika A., Gatchell M., Zettergren H., Cederquist H., Rousseau P., and Huber B. A., Ion collision-induced chemistry in pure and mixed loosely bound clusters of coronene and C60 molecules *Phys. Chem. Chem Phys.* 20, 15052 (2018).
- [4] Rousseau P., Piekarski D. G., Capron M., Domaracka A., Adoui L., Martín F., Alcamí M., Díaz-Tendero S., and Huber B. A., Polypeptide formation in clusters of β -alanine amino acids by single ion impact, *Nat. Commun.* 11, 3818 (2020).
- [5] Rothard H., Domaracka A., Boduch P., Palumbo M. E., Strazzulla G., da Silveira E. F., and Dartois E., Modification of ices by cosmic rays and solar wind, *J. Phys. B* 50, 062001 (2017).
- [6] Vignoli Muniz G. S., Agnihotri A. N., Augé B., Mejía C., Martinez R., Rothard H., Domaracka A., and Boduch P., Radiolysis of cytosine at cryogenic temperatures by swift heavy ion bombardments, *ACS Earth Space Chem.* 511, 2149 (2022).
- [7] Vignoli Muniz G. S., Mejia C. F., Martinez R., Auge B., Rothard H., Domaracka A., and Boduch P., Radioresistance of adenine to cosmic ray, *Astrobiology* 17, 298 (2017).

Badania zderzeń elektronowych z zastosowaniem pułapek jonowych

Ł. Kłosowski

*Institut Fizyki,
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu,
ul. Grudziądzka 5, 87-100 Toruń
e-mail: lklos@fizyka.umk.pl*

Pułapki jonowe są ważnym narzędziem doświadczalnym, znajdującym liczne zastosowania od kilku dekad. Pozwalają one między innymi na badanie małych zespołów obiektów kwantowych, również pojedynczych atomów bądź molekuł. Dzięki optycznym metodom chłodzenia i obrazowania jonów, możliwe jest obserwowanie takich obiektów indywidualnie. Umożliwia to badanie nie tylko kwantowych aspektów materii, ale również studiowanie procesów, zachodzących w skali atomowej z małymi prawdopodobieństwami. W badaniach prowadzonych w Krajowym Laboratorium FAMO w Toruniu, obserwujemy procesy zderzeniowe z użyciem liniowej pułapki Paula. Pułapka może stanowić zarówno bardzo czuły detektor obiektów, pojawiających się w takich zderzeniach, jak też może być swojego rodzaju magazynem cząstek biorących udział w zderzeniu. W ramach wykładu wyjaśnione zostaną zasady działania liniowej pułapki Paula oraz chłodzenia i detekcji schwytanych jonów. Przedstawione zostaną przykłady spektroskopii zderzeniowej w takich pułapkach. Zaprezentowane zostaną przykładowe wyniki dla przekrojów czynnych uzyskane z użyciem pułapek, w tym nowozaproponowane pomiary przekrojów czynnych z optyczną kontrolą stanu kwantowego jonu przed kolizją. Dodatkowo pokazane zostaną potencjalne zastosowania takich eksperymentów w badaniach nad fizyką antymaterii.

Sondowanie neutralnych cząstek generowanych w dysocjacji cząsteczek heterocyklicznych inicjowanej zderzeniami z jonami i fotonami

T. J. Wąsowicz

*Zakład Spektroskopii Układów Złożonych,
Instytut Fizyki i Informatyki Stosowanej,
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: tomasz.wasowicz1@pg.edu.pl*

Cząsteczki heterocykliczne stanowią przeszło połowę znanych związków chemicznych i są wbudowane we wszystkie kwasy nukleinowe, większość leków, większość biomasy, niektóre aminokwasy, naturalne żywice, alkaloidy, enzymy, witaminy oraz w wiele naturalnych i syntetycznych barwników. Cząsteczka poddana działaniu promieniowania elektromagnetycznego lub zderzeniom z naładowanymi cząstkami może w ogólności ulec wzbudzeniu, jonizacji lub dysocjacji. Procesy te prowadzą do powstania zjonizowanych oraz neutralnych produktów. O ile cząstki obdarzone ładunkiem elektrycznym stosunkowo łatwo bada się doświadczalnie przy użyciu spektrometrii mas, to detekcja neutralnych produktów wiąże się z pewnymi utrudnieniami. Jeśli jakiś z neutralnych fragmentów atomowych lub molekularnych powstaje w stanie wzbudzonym, to może on być bezpośrednio wykryty przy użyciu spektroskopii emisyjnej, w której wzbudzone produkty są identyfikowane poprzez rejestrację ich fluorescencji. Utrudnione jest natomiast sondowanie tzw. „cząstek ciemnych”, czyli produktów neutralnych nieemitujących promieniowania. Obiekty tego typu można jednak zaobserwować metodami pośrednimi, na ogół wykorzystującymi proces jonizacji.

W wystąpieniu omówione zostaną mechanizmy tworzenia się neutralnych cząstek w dysocjacji cząsteczek heterocyklicznych, indukowanej zderzeniami z cząstkami naładowanymi (H^+ , H_2^+ , H_3^+ , $He^{+/2+}$, C^+ , O^+) oraz fotonami. W szczególności, emisyjna spektroskopia zderzeniowa została użyta do bezpośredniej rejestracji wzbudzonych produktów zderzeń kationów z cząsteczkami heterocyklicznymi w zakresie energii pocisków 5-1000 eV. W przypadku fotojonizacji dysocjacyjnej, indukowanej promieniowaniem synchrotronowym przy krawędziach C1s, O1s, N1s, skupiono się na generowaniu i identyfikacji neutralnych produktów znajdujących się w wysoko wzbudzonych stanach rydbergowskich (high-Rydberg – HR, $n > 22$). W warunkach prezentowanego eksperymentu, tego typu fragmenty powstawały w wyniku post-kolizyjnego ultraszybkiego procesu przechwyty elektronów Auger’a i były rejestrowane i identyfikowane przy użyciu zmodyfikowanego spektrometru mas, w którym przed analizator czasu przelotu wbudowano układ, służący do obniżenia progu jonizacji neutralnych fragmentów HR przy użyciu impulsowego pola elektrycznego o niewielkim natężeniu.

Jak pozytony mierzą rozmiary atomów i molekuł

K. Fedus

*Instytut Fizyki,
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu,
ul. Grudziądzka 5/7, 87-100 Toruń
e-mail: kamil@fizyka.umk.pl*

Albert Einstein w drugim z serii czterech artykułów z 1905 roku, „które zmieniły świat” [1], tym na temat ruchów Browna [2] pytał o „dokładne rozmiary atomów” (*eine exakte Bestimmung der wahren Atomgröße möglich*). W kilka lat później Jean-Baptiste Perrin, wykorzystując analizę Einsteina, oszacował po raz pierwszy eksperymentalnie wymiary drobin materii przy pomocy ultramikroskopu optycznego. Rozmiary pojedynczych atomów można wyznaczyć metodami, jak dyfrakcja rentgenowska, badania lepkości, równanie stanu van der Waalsa [3]. Elektron (o „klasycznym” promieniu rzędu 10^{-15} m) mogły by być idealnym „pociskiem” dla pomiaru rozmiarów (*ca.* 10^{-10} m) atomów. Niestety, kwantowy charakter rozpraszania, w szczególności występowanie minimum Ramsauera, czyni nieoczywistym wyznaczenie rozmiarów atomów dla gazów innych niż He, zob. np. [4].

Pomiary przekrojów całkowitych na rozpraszanie pozytonów na atomach większości gazów szlachetnych i prostych molekułach [5] wykazały stałe wartości (tj. niezależne od energii) w zakresie od około 1 eV aż do progu na tworzenie pozytonium. Karwasz w 2005 r. zauważył, że przekroje te skalują się jak spodziewane rozmiary atomów i molekuł [6]. Taki rezultat byłby przewidziany przez klasyczną teorię rozpraszania na twardych kulach. Niestety, rozkłady kątowe rozpraszania hipotezy nie potwierdzają.

Mechanika kwantowa, a dokładniej analityczne rozwiązania równania Schrödingera, opisujące rozpraszanie na potencjale polaryzacyjnym z krótko-zasięgowym oddziaływaniem odpychającym, znakomicie oddaje przekroje czynne w granicy zerowej energii dla elektronów i pozytonów [7-10]. W serii prac z 2015 r. wykazaliśmy, że szczególnie uproszczona postać potencjału krótko-zasięgowego – półempiryczny kwantowy model „sztywnej kuli” [11] także pozwala na odtworzenie rozpraszania pozytonów aż do progu na tworzenie pozytonium dla większości gazów szlachetnych i prostych molekuł [12]. Wyznaczone rozmiary atomów w ramach modelu doskonale pokrywają się z pozycjami głównych maksimów w radialnym rozkładzie gęstości elektronów walencyjnych, które obliczono metodami mechaniki kwantowej. Dalsze prace pokazały, że również przekroje nieelastyczne na rozpraszanie pozytonów można modelować za pomocą relatywnie prostych modeli półempirycznych [13, 14]. Pozostaje pytanie, dlaczego rozpraszanie pozytonów, z natury kwantowe, można przybliżyć klasycznie [15].

Bibliografia

- [1] Karwasz G., Na ścieżkach fizyki współczesnej, Zjazd PTF Gdańsk, 2003.
<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl>
- [2] Einstein A., Ann. Phys. 17, 549 (1905).
- [3] Karwasz G., Rozprawa doktorska, Uniwersytet Gdańsk, 1991.
- [4] Borghesani A. F., Atoms 9 (3), 52 (2021).
- [5] Karwasz G. P., Eur. Phys. J. D 35, 267 (2005).
- [6] G. Karwasz, 13th General Conference European Physical Society, Bern Switzerland, 11-15 July 2005, p. 107.
- [7] Idziaszek Z., Karwasz G., Phys. Rev. A 73, 064701 (2006).
- [8] Fedus K., Karwasz G. P., Idziaszek Z., Phys. Rev. A 88, 012704 (2013).
- [9] Fedus K., Franz J., Karwasz G., Phys. Rev. A 91, 062701 (2015).
- [10] Fedus K., Braz. J. Phys. 44, 622 (2014); Braz. J. Phys. 46, 1 (2016); Phys. Scr. 89, 105401 (2014).
- [11] Fedus K., Eur. Phys. J. D 70, 261 (2016).
- [12] Franz J., Fedus K., Karwasz G., Eur. Phys. J. D 70, 155 (2016).
- [13] Fedus K., Karwasz G., Phys. Rev. A 100, 062702 (2019).
- [14] Franz M., Wiciak-Pawłowska K., Franz J., Atoms 9 (4), 99 (2021).
- [15] Karwasz G. P., Eur. Phys. J. D 37, 153 (2006).

Rozpraszanie elektronów na cząsteczkach w astrochemii: badanie eksperymentalne i teoretyczne dla cząsteczki mrówczanu metylu

N. Tańska, K. Wójcik, S. Dylnicka, E. Ptańska-Denga,
Cz. Szmytkowski, P. Możejko

*Zakład Fizyki Zderzeń Elektronowych,
Instytut Fizyki i Informatyki Stosowanej,
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska, Związek Uczelni Fahrenheita,
ul. Gabriela Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: natalia.tanska@pg.edu.pl*

Procesy zderzeniowe elektronów z cząsteczkami odgrywają istotną rolę w astrochemii, ze względu na powszechne występowanie w przestrzeni kosmicznej swobodnych elektronów oraz różnorodność kanałów rozproszeniowych [1], wśród których wskazać można między innymi oddziaływanie sprężyste, wychwyt dysocjacyjny, wzbudzenia elektronowe, oscylacyjne i rotacyjne czy jonizację. Celem wystąpienia jest przedstawienie współpracy teorii i eksperymentu, dotyczących wyznaczania przekrojów czynnych na rozpraszanie, na przykładzie oddziaływania elektronów z cząsteczką mrówczanu metylu (HCOOCH_3). Omówione zostaną wyniki pomiarów przekrojów czynnych, wykonanych za pomocą metody transmisji liniowej [2], w zestawieniu z wynikami obliczeń otrzymanych metodą R-macierzy [3]. Szczególna uwaga zostanie poświęcona zakresowi niskich energii, dla którego przeprowadzono obliczenia, umożliwiające szczegółową interpretację jakościową zachodzących procesów.

Bibliografia

- [1] Boamah M. D., Sullivan K. K., Shulenberger K. E., Soe C., Jacob L. M., Yhee F. C., Atkinson K. E., Boyer M. C., Haines D. R., Arumainayagam Ch. R., Low-energy electron-induced chemistry of condensed methanol: implications for the interstellar synthesis of prebiotic molecules, *Faraday Discuss.* 168, 249 (2014).
- [2] Tańska N., Randi P. A. S., Stefanowska-Tur S., Moreira G. M., Ptańska-Denga E., Bettega M. H. F., Szmytkowski Cz., Możejko P., Joint experimental and theoretical study on electron scattering from titanium tetrachloride (TiCl_4) molecule, *J. Chem. Phys.* 157, 154301 (2022).
- [3] Masin Z., Benda J., Gorfinkiel J. D., Harvey A. G., Tennyson J., UKRmol+: A suite for modelling electronic processes in molecules interacting with electrons, positrons and photons using the R-matrix method, *Comput. Phys. Commun.* 249, 107092 (2020).

Distributions of the Wigner Reaction Matrix for Microwave Networks Simulating Quantum Graphs with Symplectic Symmetry in the Presence of Absorption

M. Ławniczak¹, A. Akhshani¹, O. Farooq¹, M. Białous¹,
S. Bauch¹, B. Dietz^{2,3}, L. Sirko¹

¹*Institute of Physics,
Polish Academy of Sciences,
Al. Lotników 32/46, 02-668 Warsaw, Poland*

²*Lanzhou Center for Theoretical Physics
and the Gansu Provincial Key Laboratory
of Theoretical Physics, Lanzhou University,
Lanzhou, Gansu 730000, China*

³*Center for Theoretical Physics of Complex Systems,
Institute for Basic Science (IBS),
Daejeon 34126, Korea*

We report on experimental studies of the distributions of the reflection coefficients, and the imaginary and real parts of Wigner's reaction (K) matrix employing open microwave networks [1] simulating quantum graphs with symplectic symmetry and dissipation. The results are compared to analytical predictions derived for the single-channel scattering case within the framework of Gaussian Symplectic Ensemble (GSE) of the random matrix theory (RMT) [2].

Acknowledgement

This work was supported by the National Science Centre, Poland, Grant No. UMO-2018/30/Q/ST2/00324. BD thanks the National Natural Science Foundation of China under Grant No. 11775100, No. 11961131009, and No. 12047501 and acknowledges financial support from the Institute for Basic Science in Korea through the project IBS-R024-D1.

References

- [1] Hul O., Bauch S., Pakoński P., Savytsky N., Życzkowski K., and Sirko L., Experimental simulation of quantum graphs by microwave networks, *Phys. Rev. E* 69, 056205 (2004).
- [2] Ławniczak M., Akhshani A., Farooq O., Białous M., Bauch S., Dietz B., and Sirko L., Distributions of the Wigner reaction matrix for microwave networks with symplectic symmetry in the presence of absorption, *Phys. Rev. E* 107, 024203 (2023).

Złożoność rytmu serca w diagnostyce klinicznej

D. Makowiec

*Instytut Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki,
Wydział Fizyki, Matematyki i Informatyki,
Uniwersytet Gdański,
ul. Wita Stwosza 57, 80-308 Gdańsk*

Rytm skurczów serca to rezultat interakcji niezliczonych jednostek strukturalnych oraz regulacyjnych pętli sprzężeń zwrotnych, które działając w różnorodnych skalach czasowych i przestrzennych umożliwiają organizmowi sprawną odpowiedź na zmieniające się warunki, wynikające z potrzeb codziennego życia. W efekcie rytm serca nieustannie się zmienia, a wyznaczenie deskryptorów własności czasowych tych sygnałów staje się wyzwaniem.

Wykres Poincarégo, czyli wykres punktowy ($RR(i)$, $RR(i+1)$) serii odstępów czasowych $\{RR(i)\}$ pomiędzy dwoma kolejnymi uderzeniami serca, to jedna z popularnych technik służących wizualizacji nieliniowego aspektu szeregu. Wykres Poincarégo zbudowany dla sygnału zmian interwału kolejnych skurczów, czyli dla $\Delta RR(i) = RR(i) - RR(i-1)$, umożliwia wgląd w złożone aspekty fluktuacji. Okazuje się, że nieprawidłowe cechy rytmu serca można rozpoznać po obecności określonych krótkich dwu- trzelementowych sekwencji $\Delta RR(i)$. Pokażemy, jak miary złożoności tych sekwencji ujawniają specyfikę dynamiki skurczów serca, w tym wykrycie i rozwój arytmii.

Analiza korelacji sygnałów mózgowych

J. Ochab

*Instytut Fizyki Teoretycznej,
Uniwersytet Jagielloński,
ul. prof. St. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków*

Mózg jest prototypowym układem złożonym pod względem liczby oddziałujących ze sobą elementów, nieliniowego charakteru tych oddziaływań oraz zachowań emergentnych, do których prowadzą. Wyniki pomiarów sygnałów z mózgu różnymi technikami (m.in. magneto- oraz elektroencefalografii [EEG], elektrokortykografii, funkcjonalnego magnetycznego rezonansu jądrowego [fMRI]) skłaniają do opisywania go jako układu krytycznego i wykorzystywania wielkości w takim opisie używanych do analizy danych neuropsychologicznych.

Zaprezentuję analizy prowadzone wraz ze współpracownikami i współpracowniczkami na danych eksperymentalnych EEG, fMRI oraz traktografii istoty białej. Dane te pochodzą z różnych badań dotyczących a) błędów odtwarzania pamięci u osób zdrowych, b) stwardnienia rozsianego, c) udarów mózgu. W szczególności pokażę, jak sygnały z różnych obszarów mózgu mają różne (multi)fraktalne charakterystyki autokorelacji, pozwalając na wskazanie obszarów, biorących udział w przetwarzaniu konkretnych typów bodźców lub będących pod wpływem zmian chorobowych. Podobnie dają się znaleźć grupy jednocześnie aktywowanych obszarów, gdy użyje się macierzy korelacji pomiędzy sygnałami, których pokażę kilka rodzajów. Wreszcie pokażę, czy opis przejścia krytycznego może służyć do monitorowania zmian w funkcjonowaniu osób po udarze mózgu.

Can the Social Sciences Contribute to the Theory of Phase Transitions?

K. Sznajd-Weron

*Politechnika Wrocławska,
ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław*

Discontinuous phase transitions are particularly interesting from a social point of view because of their relationship to social hysteresis and critical mass. In this paper, we show that the replacement of a time-varying (annealed, situation-based) disorder by a static (quenched, personality-based) one can lead to a change from a continuous to a discontinuous phase transition. This is a result beyond the state of the art because so far numerous studies on various complex systems (physical, biological, and social) have indicated that the quenched disorder can round or destroy the existence of a discontinuous phase transition. To show the possibility of the opposite behavior, we study a multistate q-voter model, with two types of disorder related to random competing interactions (conformity and anticonformity). We confirm, both analytically and through Monte Carlo simulations, that indeed, discontinuous phase transitions can be induced by a static disorder. The talk will be based on the publication: Nowak, B., Sznajd-Weron, K. (2022) *Switching from a continuous to a discontinuous phase transition under quenched disorder*, Physical Review E 106 (1), 014125 (doi: 10.1103/PhysRevE.106.014125).

Beyond PMNS and Precision Tests for Heavy Neutral Leptons

B. Karmakar

*Instytut Fizyki im. Augusta Chelkowskiego,
Uniwersytet Śląski w Katowicach,
ul. 75 Pułku Piechoty 1, 41-500 Chorzów*

The origin of the smallness of neutrino mass is still unknown to us. In seesaw like theoretical models, heavy neutrinos are often included to justify the small masses of the known three active light neutrinos. In the talk, we explore the influence of these additional heavy neutrino states on the Z-boson decays with lepton flavor violating and conserving channels in the context of the Z-physics e+e- colliders precision studies. We consider the simplest seesaw Majorana-type model with two heavy neutrinos, limiting Dirac neutrino, and non-decoupling light-heavy neutrino mixing scenarios. Constraints on nonstandard neutrino masses and mixing from rare low-energy lepton-violating processes are essential to the analysis. We also discuss the connection between heavy neutrinos probed at colliders and low-scale leptogenesis.

The t-channel Singularity and its Thermal Regularization

M. Iglicki

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

If a given particle scattering process occurs through an exchange of a massive, stable t-channel particle, this particle (called „mediator”) can, under certain conditions, become on-mass-shell which leads to a singular, infinite value of the cross section. An example of a process possibly affected by this singularity is a weak analogue of the Compton scattering process, $Z e^- \rightarrow e^- Z$. Physically, the appearance of the singularity is related to an infinite lifetime of the mediator. Therefore, in order to regularize the singularity, the lifetime-limiting effects should be taken into account. In reality, the mediator propagates not through the vacuum (in which its lifetime would be infinite in fact) but through a gas of particles forming the environment of the process. Interactions of the mediator with those particles limit its lifetime and lead to the appearance of an effective width which allows to regularize the singularity. In my talk, I will provide strict conditions for a given $2 \rightarrow 2$ scattering process to be singular (regarding the standard and the thermally averaged cross section). I will describe the method of effective-width calculation that uses the statistical field theory. I will also present exemplary numerical results obtained for the vector-fermion dark matter model (VFDM).

Probing Symmetry Breaking in the Early Universe via Gravitational Waves

B. Świeżewska

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

The focus of this talk will be the mechanism of mass generation in the early Universe. If it is associated with symmetry breaking proceeding via a first-order phase transition, it may leave an imprint in the stochastic gravitational wave background. Observing such a signal would allow us to probe very early times in the evolution of the Universe. In this talk, I will review the mechanisms of generating gravitational waves during a phase transition and show results for a BSM model for which the predicted signal is well observable.

Natural Supersymmetry and the Twin Higgs Mechanism

M. Badziak

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

Supersymmetry (SUSY) provides the most appealing solution to the hierarchy problem of the Standard Model (SM). It is a common lore that SUSY particles must have masses around the electroweak (EW) scale to solve this problem. I will present SUSY models with the so-called Twin Higgs mechanism implemented allowing for masses of SUSY particles in a few-TeV range without conflict with the naturalness of the EW scale. Such models have a discrete symmetry for which each SM particle and its SUSY partner have a corresponding state that transforms under a mirror (twin) SM gauge group. SUSY particles in this framework may be beyond the discovery reach of the LHC. On the other hand, there are many interesting cosmological signatures of this class of models including new candidates for dark matter, mechanisms generating baryon asymmetry in the Universe, and the existence of new light particles contributing to the effective number of neutrinos which will be tested in the near future.

Kryptografia kwantowa: Jak złamać szyfry niemożliwe do złamania?

M. Pawłowski

*Institute of Theoretical Physics and Astrophysics, National Quantum Information Center,
Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, University of Gdansk
International Centre for Theory of Quantum Technologies (ICTQT), University of Gdansk*

Rozwój komputerów kwantowych stworzył duże zagrożenie dla bezpiecznej komunikacji i jest bardzo prawdopodobne, że już za parę lat odszyfrujemy wiadomości, które miały być tajne przez wiele stuleci. Możliwość zachowania prywatności w przyszłości daje kryptografia kwantowa, dla której mamy dowody, że jest absolutnie niemożliwa do złamania. Pomimo tego prawie wszystkie komercyjnie dostępne systemy kwantowe zostały zhakowane pomimo, że nie powinno to być możliwe. Podczas wykładu wytłumaczę ten paradoks i opowiem o tym jak łamać zabezpieczenia kryptografii kwantowej oraz czy istnieje sposób zabezpieczenia się przed wszystkimi możliwymi atakami. Przedstawię też obecną sytuację na rynku komercyjnej kryptografii kwantowej oraz postępy Unii Europejskiej w łączeniu krajów członkowskich za pomocą tej technologii.

Dlaczego ciała spadają? – czyli kognitywistyczna ścieżka dydaktyczna z podstaw fizyki

G. Karwasz

*Katedra Dydaktyki Fizyki, Instytut Fizyki,
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu,
Grudziądzka 5, 87-100 Toruń*

A: Dlaczego ciała spadają?

B: To jasne! Bo działa na nie siła ciężenia.

A: A co to jest siła ciężenia?

B: To grawitacja.

A: Tak, ale po włosku *grave* oznacza ciężki, czyli grawitacja to ciężkość?

B: Tak, tak właśnie!

A: To co mówisz, nazywa się tautologią: wyjaśnienie rzeczy przez tę samą rzecz. Niewiele wnosi to nowego do naszej znajomości świata.

B: Czyli?

A: Czyli, ja wolę dawne, pochodzące jeszcze od Arystotelesa wyjaśnienie: miejsce naturalne ciał ciężkich jest w środku Ziemi, więc do środka Ziemi spadają.

B: I to działa?

A: Tak, a właściwie sprawdzimy to za pomocą kulek i piłeczek. A jeśli nie zawsze działa, to na pewno odkryjemy coś nowego.

Bibliografia

- [1] Karwasz G. P., Wyborska K., How Constructivist Environment Changes Perception of Learning: Physics Is Fun., *Educ. Sci.* 13, 195 (2023).

PLAKATY

Statystyczne monitorowanie wielu parametrów dla potrzeb kontroli jakości próbek/procesu na przykładzie danych z katastrofy ekologicznej na Odrze w 2022 roku

G. Balcerowska-Czerniak

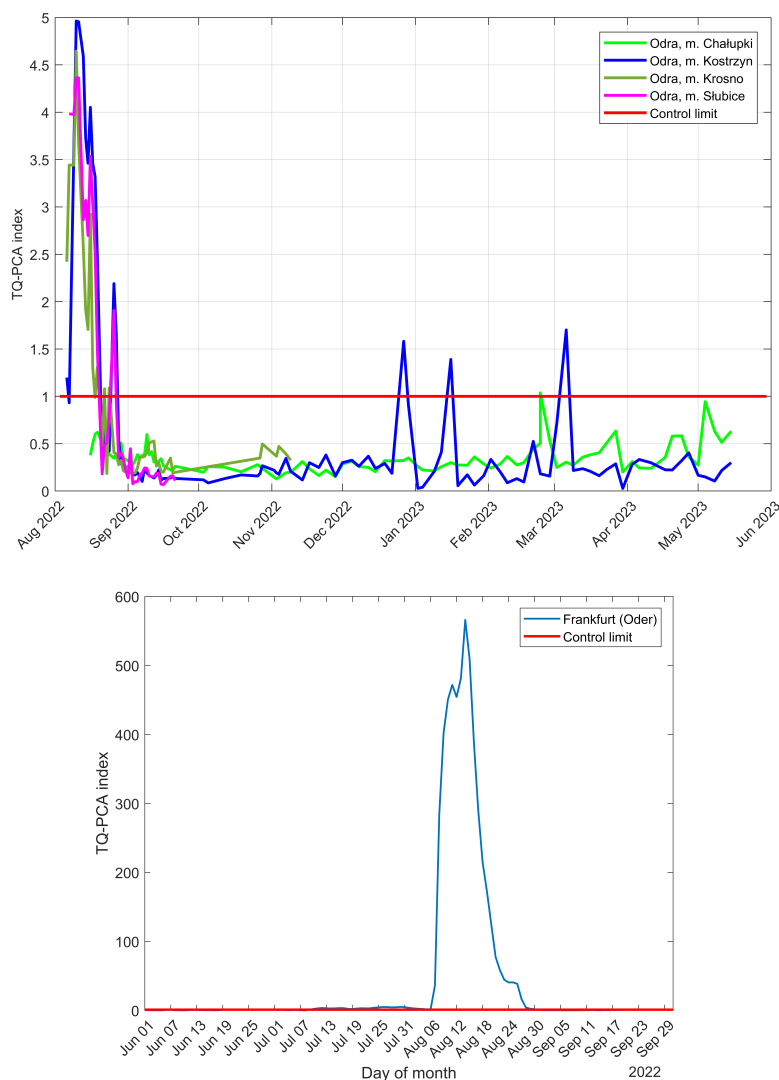
*Instytut Matematyki i Fizyki,
Politechnika Bydgoska,
al. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz
e-mail: grazyna.czerniak@pbs.edu.pl*

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie możliwości metod wielowymiarowej analizy statystycznej jako narzędzia do monitorowania wielu parametrów jednocześnie oraz wczesnego wykrywania próbek atypowych. W przeciwieństwie do standardowego podejścia, gdzie analizę jakości przeprowadza się dla każdego parametru osobno, zaproponowany indeks statystyczny, oparty o tzw. kartę kontrolną Hotellinga z zastosowaniem analizy głównych składowych (Principal Component Analysis) z założenia łączy informacje, jakie niesie każdy z parametrów z osobna w postaci jednego wskaźnika:

$$T_Q = (\sqrt{(T^2)^2 + Q^2})/\sqrt{2},$$

gdzie T i Q oznaczają wartości statystyk, odpowiednio Hotellinga T^2 i Q -residual. Ze względu na wykorzystanie podejścia wielowymiarowego, opartego na założeniu, że monitorowane parametry są zwykle skorelowane, możliwe jest zbudowanie matematycznego modelu kalibracyjnego PCA do szybkiej oceny jakości próbki w trybie on-line, opartego na próbkach referencyjnych, bez konieczności posiadania szczegółowej wiedzy i założeń, dotyczących granic kontrolnych monitorowanych parametrów. Budowa modelu opiera się o znany matematyczny algorytm z wykorzystaniem rozwiązania zagadnienia własnego dla danego zbioru danych. Zastosowane podejście z użyciem modelu gwarantuje, że uzupełnianie bazy danych o kolejne wyniki dla nowych próbek nie skutkuje zmianami w już istniejącym modelu. Przy budowaniu modelu głównych składowych kluczowe są dwa aspekty – wybór metody wstępnej transformacji danych/parametrów, szczególnie istotny, gdy dane mają zróżnicowany charakter pod względem zakresu i jednostek oraz wybór liczby głównych składowych.

Charakter dystrybucji indeksu statystycznego T_Q , zastosowanego do analizy zbioru danych fizykochemicznych ze stacji polskich oraz zbioru danych fizykochemicznych i biologicznych ze stacji niemieckiej/Frankfurt, obejmujących okres katastrofy ekologicznej na Odrze w 2022, potwierdził wspólny dla modeli epidemii charakter dystrybucji, podobny do krzywej Gaussa, co pokazują poniższe rysunki.



Jednakże możliwość sformułowania hipotezy na temat określonego rozkładu indeksu T_Q wymaga bardziej szczegółowych analiz z różnymi typami modeli dystrybucji.

Zaproponowany indeks statystyczny jakości można łatwo rozszerzyć na dowolne badania, obejmujące duży zbiór parametrów monitorowanych w dowolnym procesie.

Bibliografia

- [1] Eide I., Westad F., PLoS ONE 13, e0189443 (2018).
- [2] <https://www.gov.pl/web/odra/badania-odry>
- [3] https://undine.bafg.de/oder/guetemesstellen/oder_mst_frankfurt.html

Wytrącanie tlenków mieszanych na powierzchni $\text{Ba}_{0.5-y}\text{La}_{0.5}\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{O}_{3-\delta}$ kontrolowane poprzez ciśnienie parcjalne tlenu

D. Balcerzak, S. Wachowski, M. Gazda

*Instytut Nanotechnologii i Inżynierii Materiałowej,
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: daria.balcerzak@pg.edu.pl*

Perowskit o wzorze sumarycznym $\text{La}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{O}_{3-\delta}$ charakteryzuje się wysokim przewodnictwem elektrycznym, zdolnością do wbudowywania się wody i przewodzenia protonów [1]. Jedną z dodatkowych zalet tego związku jest to, że na jego powierzchni zachodzi proces wytrącania nanocząstek tlenków z fazy stałej (z ang. exsolution) w wysokich temperaturach oraz w warunkach utleniających. Proces ten zapewnia funkcjonalizację powierzchni danego materiału, przede wszystkim wpływając na zwiększenie jego aktywności katalitycznej [2]. Zastosowanie tej metody ma więc swoje podłoże, m.in. w zwiększaniu wydajności elektrochemicznej materiałów elektrodowych, a tym przypadku, elektrod powietrznych (katoda). Dzięki naszym badaniom zaobserwowaliśmy, że wraz ze zmianą ciśnienia parcjalnego tlenu ($p\text{O}_2$), możemy kontrolować charakterystykę wytrąconych nanocząstek. Dodatkowo, niestechiometria w jednej z podsieci perowskitu, również jest w stanie wpływać na zmianę obecności nanocząstek, umożliwiając dopasowanie ich charakterystyki do przyszłych zastosowań.

W naszej pracy przedstawiamy badania prowadzone nad procesem wytrącania w związkach $\text{Ba}_{0.5-y}\text{La}_{0.5}\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{O}_{3-\delta}$ (gdzie $y = 0, 0.01$) stechiometrycznych oraz z deficytem baru. W celu otrzymania materiałów zastosowano metodę reakcji w fazie stałej. Wpływ ciśnienia parcjalnego tlenu został zbadany stosując atmosferę tlenu, powietrza syntetycznego i azotu w warunkach suchych, jak i wilgotnych. Strukturę i skład fazowy określono metodą dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego (XRD), przy użyciu analizy Rietvela. Do obserwacji mikrostruktury i zmian w charakterystyce wytrąconych nanocząstek wykorzystano skaningową mikroskopię elektronową (SEM), a do określenia składu chemicznego wytrąconych nanocząstek wykorzystano transmisyjną mikroskopię elektronową ze spektrometrem z dyspersją energii (TEM/EDX). Do określenia liczby nanocząstek, a także ich średniej wielkości posłużono się programem ImageJ.

Podziękowania

Projekt FunKeyCat, na podstawie którego zrealizowano przedstawione badania, jest wspierany przez Narodowe Centrum Nauki w ramach programu M-ERA.NET 2, który otrzymał dofinansowanie z programu Unii Europejskiej w zakresie badań naukowych i innowacji Horyzont 2020 w ramach umowy grantowej nr 685451.

Bibliografia

- [1] Wachowski S., Szpunar I., Sorby M., Mielewczyk-Gryn A., Balaguer M., Ghica C., Istrate M. C., Gazda M., Gunnæs A. E., Serra J. M., Norby T., Strandbakke R., *Acta Mater.*, under review (2020).
- [2] Hua B., Li M., Sun Y. F., Li J. H., Luo J. L., *ChemSusChem* 10. 3333-3341 (2017).

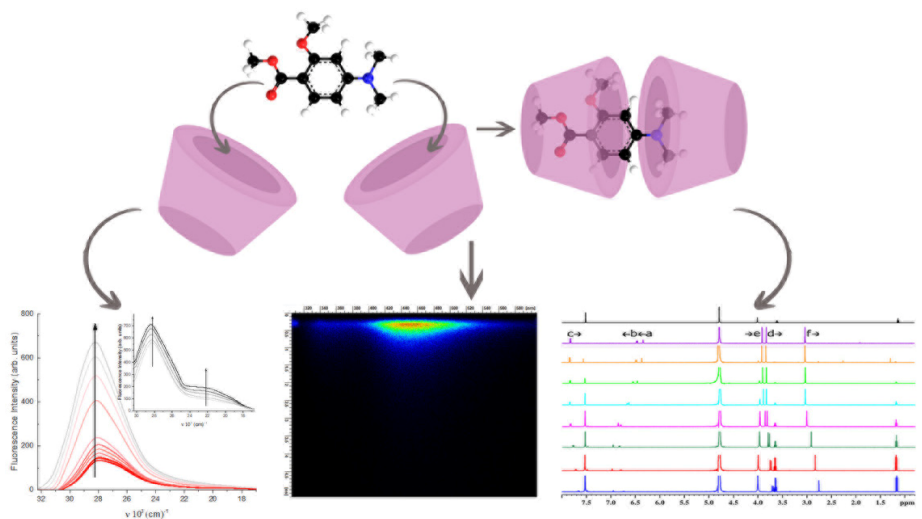
Badanie procesu fotoindukowanego wewnątrcząsteczkowego przeniesienia elektronu i protonu w wybranych molekułach organicznych znajdujących się w makrocyklicznych związkach organicznych

K. Baranowska, M. Józefowicz

*Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki,
Uniwersytet Gdański,
ul. Wita Stwosza 57, 80-952 Gdańsk
e-mail: karolina.baranowska@ug.edu.pl*

W ciągu ostatnich kilku lat nastąpił bardzo intensywny wzrost zainteresowania badaniami procesu tworzenia kompleksów inkluzyjnych pomiędzy molekułami organicznymi a nośnikami makrocyklicznymi. Do głównych przedstawicieli związków supramolekularnych, które dzięki swej budowie są zdolne do tworzenia kompleksów inkluzyjnych z innymi związkami należą: cyklodekstryny, kukurbit[n]uryle, kaliks[n]areny, etery koronowe, białka pochodzenia zwierzęcego (BSA) i białka pochodzenia ludzkiego (HSA). Związki makrocykliczne są interesujące ze względu na ich liczne możliwości aplikacyjne w wielu dziedzinach życia. Część z nich znalazła zastosowania w farmacji, medycynie, rolnictwie, nanotechnologii czy przemyśle kosmetycznym.

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki, uzyskane przy użyciu technik stacjonarnej i rozdzielonej w czasie spektroskopii oraz magnetycznego rezonansu jądrowego (^1H NMR) kompleksów inkluzyjnych między wybraną grupą molekuł organicznych, a wybranymi nośnikami makrocyklicznymi (cyklodekstrynami, kukurbit[n]arenami, kaliks[n]arenami) oraz białkami pochodzenia zwierzęcego (BSA). Badania miały na celu określenie ścieżek dezaktywacji kompleksów inkluzyjnych: badana molekuła-związek makrocykliczny, w tym poznanie dynamiki procesów fotoindukowanego wewnątrcząsteczkowego przeniesienia elektronu (ICT – *Intramolecular Charge Transfer*), protonu (IPT – *Intramolecular Proton Transfer*) oraz wewnątrcząsteczkowego przeniesienia elektronu, związanego z zmianą geometrii układu (TICT – *Twisted Intramolecular Charge Transfer*) w obecności nośników makrocyklicznych oraz określenie roli międzycząsteczkowych wiązań wodorowych w procesie dezaktywacji stanów wzbudzonych badanych kompleksów inkluzyjnych. W celu uzyskania ilościowych informacji na temat kompleksów inkluzyjnych została określona stechiometria badanych układów oraz ich stałe tworzenia.



Rysunek 1: Schemat przedstawiający możliwe utworzenie kompleksu inkluzyjnego pomiędzy molekułą organiczną, a makrocyklicznym nośnikiem p-sulfokaliks[6]arenem

Modelowanie nadpromienistości w centrach barwnych jako kwantowy układ otwarty

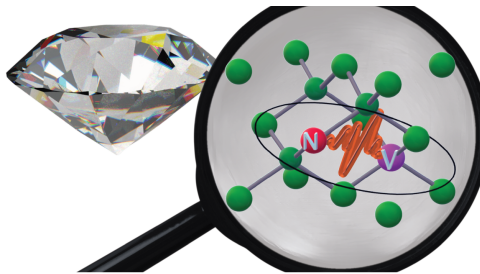
J. J. Borkowski^{1,2}, M. Gieysztor^{1,2}, P. Kolenderski^{1,2}

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

²*Single Photon Applications Laboratory,
Krajowe Laboratorium Fizyki Atomowej, Molekularnej i Optycznej
e-mail: jborkowski@doktorant.umk.pl*

Rozwój badań nad centrami barwnymi typu Azot-Wakancja (NV) w diamentach daje fizykom nadzieję na odkrycie nowych zjawisk i liczne zastosowania - np. tworzenie wyrafinowanych pamięci kwantowych [1] czy obrazowanie biomedyczne [2]. Jedną z własności defektów sieci krystalicznej tego typu jest występujące czasami zjawisko nadpromienistości, które w 1954 roku wyprowadził R. H. Dicke [3]. Jest ono badane do dziś ze względu na swoje interesujące cechy. W ostatnich latach powstały jeszcze bardziej imponujące warianty nadpromienistości z użyciem pojedynczych fotonów [4]. Celem naszych badań było opracowanie nietrywialnego modelu teoretycznego dla układu centrów NV w diamentach. Ze względu na to, iż są one zanurzone w strukturę ciała stałego i występuje w nich szereg nieznanych efektów, posługiwaliśmy się kwantową teorią układów otwartych z jej centralnym równaniem GKLS współautorstwa polskiego fizyka prof. A. Kossakowskiego [6]:

$$\mathcal{L}[\hat{\rho}(t)] = -i[\hat{H}, \hat{\rho}] + \sum_{k=1}^{N^2-1} \gamma_k \left(\hat{L}_k \hat{\rho}(t) \hat{L}_k^\dagger - \frac{1}{2} \{ \hat{\rho}(t), \hat{L}_k^\dagger \hat{L}_k \} \right).$$



Rysunek 1: Trójwymiarowa ilustracja pojedynczego centrum barwnego typu Azot-Wakancja w diamencie. Źródło: zmodyfikowany obrazek z zasobów autorskich [5]

Uogólnia ono równanie Schrödingera i von Neumanna na efekty oddziaływania z otoczeniem w przybliżeniu Born-Markova. Dzięki temu, że nie traktujemy układu jako izolowanego, uwzględniamy efekty m.in. zdefazowania i przejść bezpromienistych [5]. Uzyskany model i równania zaimplementowano w programach komputerowych dla różnych przypadków doświadczalnych. Obecnie jesteśmy na kolejnym etapie weryfikacji modelu, w oparciu o dane eksperymentów wykonanych w Single Photon Applications Laboratory (SPALab), przy Krajowym Laboratorium FAMO (KL FAMO) [7] na UMK w Toruniu, w którym dysponujemy układem nowego typu mikroskopu konfokalnego oraz unikalnymi źródłami pojedynczych fotonów. Weryfikujemy również to, czy w próbkach występuje zjawisko nadpromienistości, które zdaje się być bardzo prawdopodobne, a ponadto daje szansę na wyjaśnienie, dlaczego uzyskaliśmy w laboratorium inne – niż znane wcześniej – czasy zaniku [7] fluorescencji.

Podziękowania

Chcemy bardzo podziękować za możliwość przeprowadzenia opisanych badań oraz udziału w Zjeździe Fizyków Polskich w Gdańsku dzięki środkom Narodowego Centrum Nauki. Źródłem finansowania jest grant Preludium Bis o nr. 2020/39/O/ST2/00137.

Bibliografia

- [1] Piparo N. L., Razavi M., Munro W., Memory-Assisted Quantum Key Distribution with a Single Nitrogen Vacancy Center, *Phys. Rev. A* 96, 052313 (2017).
- [2] Boretti A. *et al.*, Nitrogen-vacancy centers in diamond for nanoscale magnetic resonance imaging applications, *Beilstein J. Nanotechnol.* 10, 2128-2151 (2019).
- [3] Dicke R. H., Coherence in Spontaneous Radiation Processes, *Phys. Rev.* 93, 99-110 (1954).
- [4] Scully M. O., Svidzinsky A. A., The effects of the N atom collective Lamb shift on single photon superradiance, *Phys. Lett. A* 373, 1283-1286 (2009).
- [5] Borkowski J. J., Superradiance in a system of color centers in a diamond, MSc Thesis, Nicolaus Copernicus University, Toruń (2022).
- [6] Gorini V., Kossakowski A., Sudarshan E. C. G., Completely Positive Dynamical Semigroups of N -Level Systems, *J. Math. Phys.* 17, 821 (1976).
- [7] Gieysztor M. *et al.*, Interaction of a heralded single photon with nitrogen-vacancy centers in a diamond, *Opt. Express* 29, 564-570 (2021).
- [8] Skribanowitz N. *et al.*, Observation of Dicke Superradiance in Optically Pumped HF Gas, *Phys. Rev. Lett.* 30, 309-312 (1973).
- [9] Bradac C. *et al.*, Observation of room-temperature spontaneous superradiance from single diamond nanocrystals, *Nat. Commun.* 8, 1205 (2017).

Właściwości elektrochemiczne i termoelektryczne mieszanych przewodników jonowo-elektronowych typu $\text{SrFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{3-\delta}$

J. Budnik, T. Miruszewski, M. Gazda

*Instytut Nanotechnologii i Inżynierii Materiałowej,
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: jagoda.budnik@pg.edu.pl*

Tlenki trójprowadzące (ang. Triple Conducting Oxides - TCOs) w ostatnich latach zyskały duże zainteresowanie, ze względu na możliwość ich wykorzystania np. jako materiałów elektrodowych do protonowych ceramicznych ogniw paliwowych (ang. Protonic Ceramic Fuel Cells - PCFCs) lub membrany do separacji tlenu i wodoru. Ta klasa materiałów wykazuje mieszane przewodnictwo elektryczne trzech różnych nośników ładunku: jonów tlenu, elektronów lub dziur elektronowych oraz protonów. W atmosferach bogatych w parę wodną, w tlenkach przewodzących jony tlenu oraz w mieszanych przewodnikach jonowo-elektronowych mogą powstawać defekty protonowe $\text{OH}_\text{O}^\bullet$, co w efekcie pozwala na uzyskanie przewodnictwa protonowego.

$\text{SrFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{3-\delta}$ (SFC) to grupa materiałów, wykazująca mieszane przewodnictwo jonowo-elektronowe o wysokiej liczbie przenoszenia dla dziur elektronowych. Przewodność elektryczna i stabilność strukturalna SFC zależą od zawartości kobaltu. [1] Ponieważ związki SFC mają obiecujące właściwości do zastosowania ich w różnych urządzeniach elektrochemicznych, bardzo ważne są badania, dotyczące charakterystyki transportu oraz wymiany powierzchniowej tlenu w tych materiałach. Ponadto, badania dotyczące właściwości termoelektrycznych tej klasy materiałów lub pokrewnych były przeprowadzane do tej pory w bardzo ograniczonym zakresie. [2]

W ramach niniejszej pracy, zbadano właściwości transportowe materiałów $\text{SrFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_{3-\delta}$ ($x = 0, 0.4, 0.6, 0.8$) oraz ich właściwości termoelektryczne. Pomiary przewodności elektrycznej prowadzono metodą czteropunktową (DC-4W). Badano również zależności temperaturowe współczynnika Seebecka, przewodności elektrycznej oraz współczynnika wymiany powierzchniowej tlenu dla związku $\text{SrFe}_{0.6}\text{Co}_{0.4}\text{O}_{3-\delta}$, w funkcji zawartości pary wodnej w powietrzu. Zaobserwowano i omówiono wpływ pary wodnej oraz koncentracji kobaltu na właściwości elektryczne i termoelektryczne serii mieszanych przewodników typu SFC.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantu 2021/41/N/ST5/03437.

Bibliografia

- [1] Wang Z., Zhao H., Xu N., Shen Y., Ding W., Lu X., Li F., Electrical Conductivity and Structural Stability of $\text{SrCo}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_{3-\delta}$, J. Phys. Chem. Solids. 72, 50 (2011).
- [2] Kobayashi W., Thermopower in Transition-Metal Perovskites, Phys. Rev. B 104, 245108 (2021).

Modelowanie zderzeń między pozytonami, a cząsteczkami o znaczeniu biologicznym

M. Cieřlik, A. Pastuszko, J. Franz, M. Franz

*Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: malobaro@pg.edu.pl*

Pozyton jest elementarną cząstką materii, będącą antycząstką elektronu. Zderzenie pozytonu z elektronem prowadzi do ich anihilacji, czemu towarzyszy emisja fotonów. Pozyton był pierwszą cząstką elementarną, której własności zostały przewidziane teoretycznie przez Paula Diraca, a doświadczalnie istnienie pozytonu wykazał Carl Anderson. Od momentu odkrycia, badania dotyczące pozytonów wprowadziło do swojej metodologii wiele dziedzin naukowych m.in. astrofizyka [1], inżynieria materiałowa [2] i medycyna [3]. Pozytony w kosmosie powstają głównie w ośrodku międzygwiazdowym oraz w masywnych gwiazdach, a do ich potencjalnych źródeł zaliczane są pulsary, gwiazdy neutronowe, czarne dziury, a także ciemna materia. W badaniach fazy skondensowanej pozytony są wykorzystywane do znajdowania i pomiaru defektów oraz wyznaczania elektronowej struktury pasmowej. Zastosowania w medycynie to m.in. wykorzystanie sygnałów anihilacji par pozyton-elektron w pozytonowej tomografii emisyjnej (PET) do lokalizowania komórek nowotworowych i wizualizacji aktywności mózgu.

Zasadnicze znaczenie dla zrozumienia i modelowania oddziaływania pozytonów z materią ma znajomość wartości przekrojów czynnych na zderzenia, określających prawdopodobieństwo zajścia procesu. Wartości przekrojów czynnych stanowią ważne dane wejściowe m.in. do wykonania symulacji Monte Carlo transportu pozytonów w materiale biologicznym, pomocnych w zrozumieniu fizycznych podstaw pozytonowej tomografii emisyjnej (PET). Zbudowany przez grupę prof. Pawła Moskala i prof. Ewy Stępień Jagielloński Pozytonowy Tomograf Emisyjny (J-PET) umożliwia pomiar czasu życia pozytonów w materiale biologicznym [4]. Czas życia pozytonów zależy m.in. od poziomu tlenu w komórce, co jest wykorzystywane do lokalizowania guzów nowotworowych. Wyznaczone w ramach pracy przekroje czynne mogą zostać wykorzystane do wykonania obliczeń czasów życia pozytonów metodą symulacji Monte Carlo, co pozwoli uzyskać dane do porównania z wartościami uzyskiwanymi doświadczalnie.

Prezentowane rezultaty obliczeń przekrojów czynnych na jonizację cząsteczek benzenu i cykloheksanu zostały wykonane przy wykorzystaniu własnych modeli teoretycznych, bazujących na opisie Bethego oraz uwzględniających rozszerzenie teorii Wanniera [5]. Zaletą zastosowanych modeli teoretycznych jest niewielki zestaw parametrów, które można obliczyć przy użyciu standardowych programów chemii kwantowej.

W pracy zostaną zaprezentowane również wartości przekrojów czynnych na tworzenie pozytonium, wyznaczone na podstawie, dostępnych w literaturze, doświadczalnych wartości całkowitego przekroju czynnego na zderzenie pozytonów z cząsteczkami benzenu i cykloheksanu, obliczonych przekrojów czynnych na jonizację oraz na rozproszenie elastyczne [6].

Bibliografia

- [1] Aguilar M. *et al.*, Phys. Rev. Lett. 122, 041102 (2019).
- [2] Tuomisto F., Makkonen I., Rev. Mod. Phys. 85, 1583 (2013).
- [3] Bass S. D., Mariazzi S., Moskal P., Stepien E., Rev. Mod. Phys. 95, 021002 (2023).
- [4] Moskal P. *et al.*, Sci. Adv. 7, eabh4394 (2021).
- [5] Franz M., Wiciak-Pawłowska K., Franz J., Atoms 9, 99 (2021).
- [6] Franz J., Franz M., Eur. Phys. J. D 73, 192 (2019).

Właściwości termoelektryczne kompozytów wykazujących mieszane przewodnictwo jonowo-elektronowe

M. M. Czudec, T. Miruszewski, M. Gazda

*Instytut Nanotechnologii i Inżynierii Materiałowej,
Wydział Fizyki i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: martyna.czudec@pg.edu.pl*

Materiały termoelektryczne znajdują szerokie zastosowanie w urządzeniach elektronicznych i elektrochemicznych. Najważniejszym parametrem, pokazującym sprawność materiałów termoelektrycznych jest temperaturowy współczynnik dobroci ZT :

$$ZT = \frac{PF}{\kappa} = \frac{S^2\sigma}{\kappa},$$

gdzie PF oznacza współczynnik mocy (z ang. Power Factor), κ to przewodność cieplna, S to współczynnik Seebecka, natomiast σ oznacza przewodność elektryczną. Istotą pracy nad materiałami termoelektrycznymi i ciągłego ich ulepszania jest dążenie do uzyskania wyższych wartości ZT . Jednym ze sposobów modyfikacji materiałów termoelektrycznych w tym zakresie jest synteza w układach kompozytowych.

Celem niniejszej pracy jest opracowanie wydajnych, kompozytowych materiałów termoelektrycznych, wykazujących mieszane przewodnictwo jonowo-elektronowe. Strategią projektowania tych materiałów jest dobór składników kompozytu, prowadzący do znaczącego zmniejszenia wartości przewodności cieplnej κ oraz zwiększenia wartości współczynnika mocy, poprzez zwiększenie wartości współczynnika Seebecka oraz przewodności elektrycznej σ . W przedstawianej pracy wytworzono szereg próbek kompozytów metodą syntezy w fazie stałej. Jako jeden ze składników zastosowano materiał będący dobrym przewodnikiem elektronowym - $\text{BaLaCo}_2\text{O}_{6-\delta}$, natomiast drugi to wysokoentropowy tlenek wieloskładnikowy - $\text{Ba}(\text{Zr,Hf,Sr,Ti,Y,Yb,Sm,In})\text{O}_{3-\delta}$, który jest przewodnikiem jonów tlenu oraz defektów protonowych. Próbkę badanych kompozytów różniła się stosunkiem wagowym obu związków oraz temperaturą spiekania gotowych kompozytów. Wykonano badania struktury metodą XRD, mikrostruktury – mikroskopią SEM, transport ładunku zbadano przy pomocy metody czteropunktowej (DC-4W) w atmosferze suchego oraz wilgotnego powietrza oraz zmierzono współczynnik Seebecka w szerokim zakresie temperatur. Otrzymane wyniki wskazują, że zbadane kompozyty stanowią ciekawą alternatywę dla powszechnie stosowanych stopów termoelektrycznych.

Właściwości strukturalne, termiczne i elektryczne wieloskładnikowych niobianów ziem rzadkich

A. Dawczak, W. Skubida, A. Mielewczyk-Gryń, M. Gazda

*Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: arkadiusz.dawczak@pg.edu.pl*

Wieloskładnikowe tlenki to jedna z najciekawszych nowych grup materiałów ceramicznych. Ich złożone właściwości, które można łatwo modyfikować poprzez zmiany pierwiastków w ich składzie, są interesujące zarówno z punktu widzenia badań podstawowych, jak i aplikacyjnych. Niobian lantanu jest dobrze znanym przewodnikiem protonowym i był używany w różnych urządzeniach elektrochemicznych, jak na przykład w protonowych ceramicznych ogniwach paliwowych PCFC (z ang. Protonic Ceramic Fuel Cell) [1]. W zależności od temperatury niobian lantanu może być stabilny w dwóch odmianach polimorficznych: niskotemperaturowej, która jest jednoskośna i odpowiada strukturze typu fergusonitu oraz fazie wysokotemperaturowej, która jest tetragonalna i odpowiada strukturze typu szelitu [2, 3].

W tej pracy skupiamy się na nowym typie materiałów – wieloskładnikowych niobianach ziem rzadkich. Wybraliśmy kompozycje zawierające, na przykład pięć różnych kationów w podsieci A, które zbadaliśmy pod kątem ich właściwości strukturalnych, termicznych i elektrycznych. Wyboru pierwiastków składowych dokonano na podstawie ich stopnia utlenienia i promienia jonowego. Próbkę materiałów zsyntetyzowano metodą syntezy w stanie stałym. Strukturę i skład fazowy materiałów określiliśmy za pomocą dyfraktometrii rentgenowskiej. Badania te zostały przeprowadzone w temperaturze pokojowej, jak i również w wyższych temperaturach, w celu zbadania przemiany fazowej między obydwoma polimorfami. Właściwości termiczne zbadano wykorzystując techniki takie jak termograwimetria oraz dylatometria. Pomiary zależności temperaturowej przewodnictwa elektrycznego wykonano metodą elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej w suchym i mokrym powietrzu.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach projektu „Tlenki wysokoentropowe dla konwersji energii” (nr 2019/35/B/ST5/00888).

Bibliografia

- [1] Norby T., Magrasó A., On the development of proton ceramic fuel cells based on Ca-doped LaNbO_4 as electrolyte, *J. Power Sources* 282, 28-33 (2015).
- [2] Huse M., Norby T., Haugrud R., Effects of A and B site acceptor doping on hydration and proton mobility of LaNbO_4 , *Int. J. Hydrog. Energy* 37, 8004-8016 (2012).
- [3] Fjeld H., Toyoura K., Haugrud R., Norby T., Proton mobility through a second order phase transition: Theoretical and experimental study of LaNbO_4 , *Phys. Chem. Chem. Phys.* 12, 10313-10319 (2010).

Zastosowanie analizy metodą rozkładu czasów relaksacji (DRT) w badaniach metodą dynamicznej elektrochemicznej spektroskopii impedancji (DEIS)

M. Dominów, J. Karczewski

*Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: s176356@student.pg.edu.pl*

Przedstawione badania dotyczą zastosowania analizy metodą rozkładu czasów relaksacji (DRT) w badaniach metodą dynamicznej elektrochemicznej spektroskopii impedancji (DEIS). DEIS jest to rozwinięcie metody elektrochemicznej spektroskopii impedancji, umożliwiające skrócenie pomiaru i badanie układów niestacjonarnych. DRT to metoda analizy danych spektroskopii impedancyjnej, wykorzystująca metody regularyzacyjne do przedstawienia wyników w formie rozkładu czasów relaksacji procesów elektrochemicznych.

W badaniach DEIS, w szczególności w monitoringu korozji, uzyskiwana jest duża ilość danych impedancyjnych. W związku z tym powstaje zapotrzebowanie na automatyzowalną oraz powtarzalną metodę analizy tych danych. W ramach prezentowanych badań został stworzony program, pozwalający na częściową automatyzację analizy dużej ilości danych spektroskopii impedancyjnej, uzyskiwanych w technice DEIS. Program ten wykorzystuje narzędzie DRTtools oraz technikę automatyzacji GUI. Poprawność i użyteczność wykorzystanej metody sprawdzono, wykorzystując dane z badania procesów elektrochemicznych, zachodzących w stopach magnezu (AZ31 i WE43) w roztworze Hanka.

Stworzony program zaczyna swoje działanie od selekcji z zadaniem krokiem czasowym danych impedancyjnych. Następnie, za pomocą techniki automatyzacji GUI (ang. *GUI automation*), program w sposób automatyczny realizuje analizę DRT wyselekcjonowanych danych, z użyciem programu DRTtools. Program następnie przeprowadza całościową analizę uzyskanych wyników, co po późniejszej selekcji przez użytkownika pozwala na zidentyfikowanie trwających w czasie procesów. Program wylicza rezystancję poszczególnych procesów oraz określa ich zakres stałych czasowych, co pozwala na dalszą interpretację elektrochemiczną.

Prezentowane rozwiązanie pozwala na skrócenie czasu analizy oraz znacząco zmniejsza ilość wymaganego wysiłku ludzkiego, w porównaniu do metody dopasowywania obwodu w kontekście DEIS. Dodatkowo, ogranicza konieczną wiedzę o układzie poprzedzającą analizę i umożliwia dynamiczną pod kątem ilości procesów analizę (co w niektórych układach jest konieczne).

Podziękowania

Podstawą analiz opisanych w tej pracy są badania przeprowadzone w ramach projektu Aurum Supporting International Research Team Building – „Excellence Initiative – Research University” [numer grantu: 2/2021/IDUB/II.1.3] przez zespół badawczy w składzie: Jacek Ryl, Maria Osipenko, Jakub Karczewski, Marta Przeźniak-Welenc, Iryna Makarava, Iryna I. Kurilo i Dzmitry S. Kharytonau. Autorzy pragną podziękować im za wsparcie i udostępnienie danych spektroskopii impedancyjnej do analizy.

Bibliografia

- [1] Sacci R. L., Seland F., Harrington D. A., Dynamic electrochemical impedance spectroscopy, for electrocatalytic reactions, *Electrochim. Acta* 131, 13-19 (2014).
- [2] Distribution of Relaxation Times (DRT): an introduction, EC-Lab – Application Note #60 01/2017, Bio-Logic Science Instruments.
- [3] Wan T. H., Saccoccio M., Chen C., Ciucci F., Influence of the Discretization Methods on the Distribution of Relaxation Times Deconvolution: Implementing Radial Basis Functions with DRTtools, *Electrochim. Acta* 184, 483-499 (2015).

Właściwości optyczne materii organicznej obecnej w warstwie powierzchniowej morza i jej rola w procesach fizycznych na styku morza i atmosfery

V. Drozdowska¹, J. Piskozub¹, I. Niedźwiecka¹, M. Kitowska¹,
P. Makuch¹, P. Markuszewski^{1,2,3}, J. Stoń-Egiert¹

¹*Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk,
ul. Powstańców Warszawy 55, 81-712, Sopot*

²*Department of Environmental Science,
Stockholm University, Stockholm, Sweden*

³*Bolin Centre for Climate Research,
Stockholm University, Stockholm, Sweden*

e-mail: drozd@iopan.pl

Prezentujemy wyniki badań właściwości absorpcyjnych i fluorescencyjnych molekuł materii organicznej, rozpuszczonej i zawieszonej w wodzie morskiej dla różnych obszarów otwartego morza, jak i obszarów przybrzeżnych Morza Bałtyckiego.

Celem prowadzonych badań jest:

1. ocena roli mikrowarstwy powierzchniowej jako bariery dla procesów interakcji morze-atmosfera (wymiana gazowa).
2. efekt wzbogacenia mikrowarstwy w materię organiczną w zależności od rodzaju materii organicznej (o pochodzeniu lądowym lub morskim).
3. próba oceny wpływu mikrowarstwy na obrazowanie zdalne.

Zaobserwowaliśmy zależność pomiędzy wzbogaceniem mikrowarstwy powierzchniowej morza w materię organiczną a (1) obszarem badań (wody otwarte i przybrzeżne), (2) sezonem, czyli występowaniem zakwitów alg czy (3) bliskością rzek [1, 2]. Natomiast występuje szereg dodatkowych czynników, wpływających na tworzenie się i stabilność mikrowarstwy, takich jak wiatr, obecność molekuł organicznych silnie rozpraszających i nieabsorbujących światło, zasolenie i temperatura wody, itp. [3] Stąd naszym celem jest sprawdzenie wstępnych wyników w szerszym kontekście środowiskowym.

Podziękowania

Badania były sfinansowane częściowo ze środków NCN, w ramach projektu SURETY (Effect of organic matter SURface layer Enrichment on air-sea gas transfer velociTY) finansowanego z grantu Narodowego Centrum Nauki, nr umowy 2021/41/B/ST10/00946.

Bibliografia

- [1] Drozdowska V., Kowalczyk P., Józefowicz M., J. Eur. Opt. Soc.-Rapid 10, 15050 (2015).
- [2] Drozdowska V., Kowalczyk P., Konik M., Dzierzbicka-Głowacka L., Front. Mar. Sci. 5, 456 (2018).
- [3] Wróbel I., Piskozub J., Ocean Sci. 12, 1091-1103 (2016).

Revealing Hidden Structure in Time-Resolved Spectral Matrices Using Multivariate Analysis of the Streak Camera Data

J. Dubrovkin¹, V. Tomin², P. Bojarski³, I. Serdiuk³, J. Szumilas³

¹*Multidisciplinary Department,
Western Galilee College,
2421, Acre, Israel*

²*Physics Department,
Pomeranian University in Słupsk, ul. Arciszewskiego, 76-200 Słupsk*

³*Faculty of Mathematics, Physics and Informatics,
University of Gdańsk,
ul. Wita Stwosza 57, 80-308 Gdańsk
e-mail: vladimir.tomin@upsl.edu.pl*

Extracting the hidden structure of the weak, noisy signals is a fundamental problem in instrumental spectroscopy [1-3], both steady state and time resolved. New multi-stage smoothing LRA (Low Rank Matrix Approximation) and PARAFAC-based (Tensor Rank Decomposition) methods were firstly applied to study a 3D array composed of a set of the time-resolved spectral matrices (TRSM) of temporary fluorescence spectra of the fluorescein solution (FLS) in methanol, measured by the streak camera instrument [4].

The PARAFAC algorithm demonstrated some advantages over LRA. The time range of temporary spectra was expanded due to the mathematical processing of 20 TRSM of the FLS and Fourier smoothing which leads to an unexpected conclusion: establishing of the equilibrium distribution over vibrational states takes place over an unusually long time period, about 250-290 ps. This statement contradicts the accepted ideas about the times of redistribution of vibrational energy in the excited state of polyatomic molecules, shorter than a few picoseconds.

References

- [1] Dubrovkin J., Mathematical Processing of Spectral Data in Analytical Chemistry: a Guide to Error Analysis, Cambridge Scholars Publishing, UK, 2018.
- [2] Ruckebusch C., Sliwa M., Pernot P. *et al.*, Comprehensive data analysis of femtosecond transient absorption spectra: a review, J. Photoc. Photobiol. C. 13, 1-27 (2012).
- [3] Dubrovkin J., Tomin V., Bojarski P., Serdiuk I., Szumilas J., Revealing hidden structure in time-resolved spectral matrices using multivariate analysis of the streak camera data, Chemom. Intell. Lab. Syst. 239, 104875 (2023).
- [4] Kubicki A., Bojarski P., Grinberg M. *et al.*, Time-resolved streak camera system with solid state laser and optical parametric generator in different spectroscopic applications, Opt. Commun. 263, 275-280 (2006).

Wzajemne wykluczanie się koherencji pierwszego i drugiego rzędu w układach wielomodowych

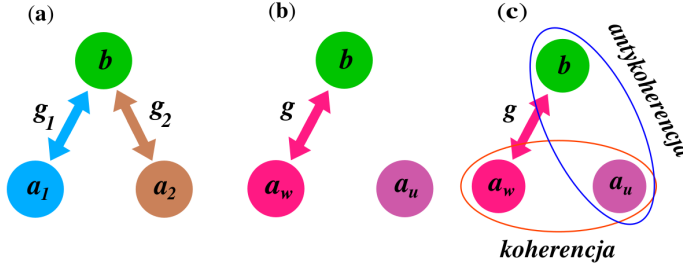
Z. Ficek

*Zakład Optyki i Inżynierii Kwantowej,
Instytut Fizyki Uniwersytetu Zielonogórskiego,
ul. Szafrana 4a, 65-516 Zielona Góra
e-mail: z.ficek@if.uz.zgora.pl*

Koherencje pierwszego i drugiego rzędu, inaczej spójności pomiędzy modami promieniowania, wynikające z obecności korelacji pomiędzy modami, są od dłuższego czasu w centrum zainteresowania fizyki kwantowej, gdyż odgrywają kluczową rolę w technologiach kwantowych oraz kwantowych technikach informacyjnych. Podłożem fundamentalnym występowania obu koherencji jest superpozycja kwantowa, która odgrywa kluczową rolę w fizyce kwantowej. Interferencja i dudnienia kwantowe to przykłady najprostszych zjawisk, wynikających z obecności koherencji pierwszego rzędu. Natomiast ściśnięta próżnia oraz splątanie kwantowe to przykłady zjawisk kwantowych, wynikających z obecności koherencji drugiego rzędu [1].

Wspólne podłoże koherencji pierwszego i drugiego rzędu pozwala przypuszczać, że są one ze sobą ściśle powiązane. Stąd nasuwa się pytanie: jaka jest wzajemna zależność między tymi koherencjami? Obecność koherencji pierwszego rzędu wymaga stałej różnicy faz pomiędzy fotonami. Natomiast koherencję drugiego rzędu wykazują fotony występujące w parach. Jednak fotony te nie posiadają dobrze określonych faz, stąd zachowują się jak wzajemnie niekoherentne. Taką własność par fotonów zaobserwowano doświadczalnie w procesach spontanicznego parametrycznego obniżania częstości, gdzie wytwarzane są dwie wiązki, sygnałowa i jałowa, które zachowują się wzajemnie w pierwszym rzędzie korelacji jak wiązki niekoherentne, ale w drugim rzędzie korelacji jak silnie koherentne [2, 3]. Wyniki tych obserwacji sugerują, że koherencje pierwszego i drugiego rzędu wzajemnie się wykluczają. Dlatego dla podkreślenia, że koherencja drugiego rzędu jest czymś przeciwnym do koherencji pierwszego rzędu, Mandel [4] wprowadził pojęcie antykoherencji.

W prezentacji rozważać będziemy układ kwantowy, złożony z trzech wzajemnie sprzężonych modów bozonowych, jak pokazano na Rysunku 1a. Sprawdzimy, w jaki sposób koherencje pierwszego i drugiego rzędu zależą od rodzaju sprzężenia pomiędzy modami [5]. Rozważymy sprzężenia liniowe postaci $g_i(a_i b^\dagger + a_i^\dagger b)$ oraz nieliniowe postaci $g_i(a_i b + a_i^\dagger b^\dagger)$, przyjmując, że mody a_1 i a_2 nie są ze sobą bezpośrednio sprzężone. Wyniki obliczeń pokazują, że w przypadku, gdy jedno ze sprzężeń, g_1 lub g_2 , jest liniowe, a drugie nieliniowe to mody a_1 i a_2 wykazują wzajemną antykoherencję, czyli mogą być splątane. Natomiast w przypadku, gdy oba sprzężenia g_1 i g_2 są nieliniowe, mody a_1 i a_2 wykazują wzajemną koherencję pierwszego rzędu, która prowadzi



Rysunek 1: (a) Układ trzech modów i ich wzajemne bezpośrednie sprzężenia. (b) Sprzężenia pomiędzy modami w bazie modów kolektywnych, $g = \sqrt{g_1^2 + g_2^2}$. (c) Możliwe koherencje i antykoherencje pomiędzy modami, które nie są bezpośrednio ze sobą sprzężone

do kolektywnego raczej niż indywidualnego zachowania się tych modów. Zachowanie się modów kolektywnych jest zaskakujące. Mianowicie, pośród dwóch modów kolektywnych

$$a_w = a_1 \cos \theta + a_2 \sin \theta, \quad a_u = a_1 \sin \theta - a_2 \cos \theta,$$

gdzie $\tan \theta = g_2/g_1$, mod a_u nie sprzęga się z pozostałymi modami, Rysunek 1b. Mimo tego mod a_u może wykazywać koherencję pierwszego rzędu z modem a_w i jednocześnie antykoherencję, czyli koherencję drugiego rzędu z modem b , jak pokazano na Rysunku 1c. Jednak ma to miejsce jedynie wówczas, gdy mody a_1 i a_2 są w kontakcie z rezerwuarami termicznymi, będącymi w różnych temperaturach. Jest to zaskakujący wynik, gdyż należałoby się spodziewać, że niesprężone ze sobą mody nie powinny wykazywać jakichkolwiek korelacji. Obecność koherencji i antykoherencji wpływa na populację modów tak, że cała populacja może być zgromadzona w modzie a_u , który nie podlega ewolucji czasowej. Pokażemy również jak wzajemne wykluczanie się koherencji wpływa na rozróżnialność (distinguishability) i nierozróżnialność (visibility) modów.

Podziękowania

Badania finansowane w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019-2023, nr projektu 003/RID/2018/19, kwota finansowania 11 936 596.10 PLN.

Bibliografia

- [1] Ficek Z., Tanaś R., Quantum-Limit Spectroscopy, Springer, New York (2017).
- [2] Zou X. Y., Wang L. J., Mandel L., Phys. Rev. Lett. 67, 318 (1991).
- [3] Menzel R., Heuer A., Milonni P. W., Atoms 7, 27 (2019).
- [4] Mandel L., Pure Appl. Opt. 7, 927 (1998).
- [5] Sun L. H., Liu Y., Li C., Zhang K. K., Yang W. X., Ficek Z., Entropy 24, 692 (2022).

Laserowo-plazmowe źródła promieniowania rentgenowskiego i skrajnego ultrafioletu (EUV) z impulsową tarczą gazową do zastosowań w nauce i technologii

H. Fiedorowicz, A. Bartnik, E. Trafny, P. Wachulak, J. Czwartos,
A. Nowak-Stępniewska, T. Fok, A. Lech, M. Majszyk,
P. Osuchowska, M. Wardzińska, Ł. Węgrzyński

*Instytut Optoelektroniki,
Wojskowa Akademia Techniczna,
ul. S. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: henryk.fiedorowicz@wat.edu.pl*

W publikacji przedstawiono wyniki prac dotyczących laserowo-plazmowych źródeł miękkiego promieniowania rentgenowskiego i skrajnego nadfioletu (EUV) do zastosowań w badaniach naukowych i nowoczesnych technologiach. Promieniowanie tych źródeł jest generowane w wysokotemperaturowej plazmie laserowej powstającej w wyniku oddziaływania nanosekundowych impulsów laserowych z dwustrumieniową tarczą gazową. Tarcza jest wytwarzana za pomocą systemu elektrozaworów wyposażonych w układ podwójnej dyszy zasilanej dwoma różnymi gazami, która umożliwia powstanie dwustrumieniowej tarczy gazowej w postaci wydłużonego strumienia gazu roboczego o wysokiej liczbie atomowej Z , otoczonego gazem o niskiej wartości Z . Tarcze są naświetlane impulsami laserowymi o czasie trwania od 1 ns do 10 ns, energii w impulsie od 0.5 J do 10 J wytwarzanymi za pomocą komercyjnie dostępnych laserów Nd:YAG z repetycją 10 Hz. Zastosowanie dwustrumieniowej tarczy gazowej umożliwia wytwarzanie impulsów miękkiego promieniowania rentgenowskiego i EUV w zakresie długości fal od około 1 nm do około 20 nm z dużą wydajnością oraz bez degradacji dyszy przez plazmę. Opracowane źródła laserowo-plazmowe zastosowano w różnych dziedzinach, w tym w metrologii, obróbce materiałów, nanoobrazowaniu, radiografii i tomografii oraz radiobiologii.

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki ostatnich badań mających na celu poprawę parametrów źródła poprzez zastosowanie tarczy gazowej zawierającej krople cieczy lub cząstki stałe o rozmiarach mikrometrowych (tarcze aerozolowe). Przedstawiono również nowe zastosowania źródeł laserowo-plazmowych w metrologii EUV, modyfikacji biomateriałów, nanoobrazowaniu komórek nowotworowych, spektroskopii absorpcyjnej miękkiego promieniowania rentgenowskiego, optycznej tomografii koherencyjnej (OCT) oraz badaniach zimnej plazmy fotojonizowanej impulsami EUV.

Nanotarcie suche kinetyczne – badania obliczeniowe z wykorzystaniem metody sterowanej dynamiki molekularnej

D. Florjan, M. Weiss, A. Ptak

*Instytut Fizyki,
Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej,
Politechnika Poznańska,
ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań*

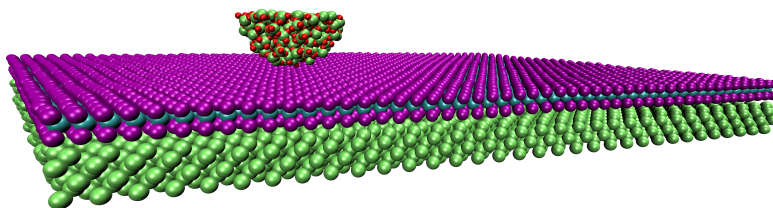
e-mail: dominik.florjan@doctorate.put.poznan.pl; arkadiusz.ptak@put.poznan.pl

Tribologia, czyli gałąź nauki zajmująca się badaniem przemieszczających się względem siebie powierzchni, gra kluczową rolę w ulepszaniu wydajności oraz zapewnianiu większej niezawodności elementom mechanicznym. Dokładne zrozumienie oddziaływań między dwiema trącymi o siebie powierzchniami pozwala znacznie ograniczyć straty energii, materiału oraz zredukować uszkodzenia powierzchni. Szacuje się, że w skali globalnej straty, wynikające ze zjawiska tarcia, kosztują około 23% całej wyprodukowanej energii [1]. Wraz z ciągłym dążeniem do zwiększania wydajności urządzeń mechanicznych oraz ich miniaturyzacji, nauka ta jest istotna bardziej niż kiedykolwiek.

Najpopularniejszym narzędziem do prowadzenia badań tarcia w nanoskali jest mikroskop sił atomowych (AFM, atomic force microscope). Narzędzie to posiada jednak pewne ograniczenia, przykładowo: zakres prędkości przesuwu głowicy lub siły, z jaką można naciskać na próbkę. Z tego względu metody obliczeniowe świetnie sprawdzają się jako komplementarne do fizycznego eksperymentu. Powszechnie stosowana, dynamika molekularna (MD, molecular dynamics), umożliwia badanie zachowania się atomów oraz molekuł w czasie. Rozwinięciem MD jest sterowana dynamika molekularna (SMD, steered molecular dynamics), pozwalająca symulować zewnętrzną siłę przyłożoną do układu. Metoda ta umożliwia symulację tarcia z kontrolowaniem siły nacisku oraz prędkości przesuwu i w konsekwencji uzyskanie wielu istotnych parametrów fizycznych badanego układu.

W niniejszej pracy skupiliśmy się nad opisem mechanizmów tarcia suchego w zależności od rodzaju oddziałujących materiałów (na przykład grafenu, materiałów z grupy dichalkogenków metali przejściowych, warstw alkylosilanów) oraz warunków otoczenia. Niektóre z materiałów, w szczególności grafen, zostały już dokładnie przebadane w wielu gałęziach nauki. Jednak w przypadku badań tribologicznych wyniki nie są jednoznaczne. Na przykład: grafen potrafi znacznie zredukować współczynnik tarcia oraz zredukować zużycie pokrytych materiałów, ale zdolność ta silnie zależy od warunków eksperymentu [2]. Szczególna uwaga badań skierowana jest na zależności siły tarcia od prędkości przesuwu oraz siły nacisku [3]. Obserwowany w licznych eksperymentach charakter tych zależności [4, 5] wskazuje na złożoność zjawiska tarcia, które

wymaga dodatkowych badań. W naszej pracy badania eksperymentalne i obliczeniowe zostały przeprowadzone dla różnych wariantów modelu przedstawionego na Rysunku 1. W symulacjach przeanalizowano zjawisko tarcia dla szeregu prędkości przesuwu ostrza mikrobjelki, w tym wartości nieosiągalnych dla klasycznego mikroskopu AFM oraz dla różnych sił nacisku mikrobjelki na próbkę.



Rysunek 1: Model warstwy MoTe_2 na podłożu krzemowym oraz model ostrza mikrobjelki zbudowanej z amorficznego SiO_2

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach projektu OPUS o numerze 2020/37/B/ST8/02023.

Bibliografia

- [1] Holmberg K., Erdemir A., Friction 5, 263-284 (2017).
- [2] Penkov O., Kim H. J. *et al.*, Int. J. Precis. Eng. Manuf. 15, 577-585 (2014).
- [3] Weiss M., Majchrzycki Ł., Borkowska E., Cichomski M., Ptak A., Tribol. Int. 162, 107133 (2021).
- [4] Drummond C., Israelachvili J., Richetti P., Phys. Rev. E 67, 066110 (2003).
- [5] Riedo E., Gnecco E., Bennewitz R., Meyer E., Brune H., Phys. Rev. Lett. 91, 084502 (2003).

Znaczenie naprężeń in-situ i ex-situ w dynamice przemiany Verweya w magnetycie

M. A. Gala^{1,2}, K. Komędera¹, A. Kozłowski¹, W. Tabiś^{1,2}

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

²*Institute of Solid State Physics,
Technische Universität Wien,
1040 Vienna, Austria*

e-mail: mgala@agh.edu.pl

Mimo prowadzenia przez ponad sto lat [1] intensywnych badań podstawowych nad magnetytem, nadal nie podano spójnego opisu jego własności fizykochemicznych. Mineral ten posiada wprawdzie prosty skład pierwiastkowy, lecz fakt ten nie pozwala w pełni wyjaśnić charakterystycznej dla niego przemiany fazowej Verweya (ang. Verwey transition - VT), zachodzącej w $T_V \approx 124$ K. W $T > T_V$ magnetyt krystalizuje w strukturze kubicznej odwróconego spinelu [2]. W przemianie Verweya, której źródłem są silne oddziaływania pomiędzy elektronami i oddziaływanie elektron-fonon, symetria sieciowa zmienia się z kubicznej powyżej T_V w jednoskośną. Zmiana stechiometrii tlenowej magnetytu, podstawianie niewielkiej liczby atomów Fe innymi metalami (Ni, Mn, Zn, Ti) czy przykładanie ciśnienia hydrostatycznego [3] powodują obniżenie temperatury przejścia Verweya. Co zaskakujące, przyłożenie ciśnień jednoosiowych wywołuje z kolei wzrost T_V , obserwowanej w oporze elektrycznym i magnetometrii wibracyjnej [4]. Dlatego, pełne zrozumienie korelacji pomiędzy porządkiem sieciowym a oddziaływaniami elektron-elektron i elektron-fonon wymaga poznania wpływu naprężeń na te oddziaływania. Krok w tym kierunku stanowi zaproponowane przez nas podejście, w którym obserwacja własności elektronowych poprzez pomiar oporności elektrycznej i T_V w polu naprężeń zewnętrznych, połączona jest ze śledzeniem naprężeń swoistych, zamrożonych w nieporządku sieciowym. Podczas prezentacji przedstawione zostaną wyniki transportu elektronowego w magnetycie stechiometrycznym, poddawany ścisłaniu jednoosiowemu w kierunku $\langle 100 \rangle$. Okazuje się, że wzrost T_V określonej z punktu przegięcia krzywej oporu, jest wprost proporcjonalny do wartości zadawanego naprężenia. Naturalne naprężenia w magnetycie obserwowano też dyfrakcyjnie, stosując względnie nową technikę DFXM (ang. Dark-Field X-ray Microscopy), która pozwala mapować mozaikowatość kryształów i porównywać ją z odpowiadającymi tej teksturze lokalnymi różnicami w odległościach międzypłaszczyznowych. Te subtelne, acz mierzalne efekty są pośrednią miarą naprężeń zamrożonych w materiale i ewoluują przy schładzaniu do niskich temperatur, mogąc wpływać na T_V przemiany.

Podziękowania

Dziękujemy za wsparcie NCN, grant OPUS: UMO-2021/41/B/ST3/03454 oraz NAWA w ramach programu „Polskie Powroty 2019”: PPN/PPO/2019/1/00014. Prace badawcze zostały też częściowo sfinansowane ze środków programu „IDUB” realizowanego przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. St. Staszica w Krakowie.

Bibliografia

- [1] Renger K., Die anfängliche Suszeptibilität von Eisen und Magnetit in Abhängigkeit von der Temperatur, praca doktorska, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (1913).
- [2] Piekarczyk P. *et al.*, Phys. Rev. B (76), 165124 (2007).
- [3] Spalek J. *et al.*, Phys. Rev. B 78, 100401R (2008).
- [4] Nagasawa Y. *et al.*, J. Phys. Soc. Japan 76, 110-111 (2007).

Stochastic Resonance in Memristors

P. F. Góra, E. Gudowska-Nowak

*Institute of Theoretical Physics
and Mark Kac Complex Systems Research Center,
Uniwersytet Jagielloński,
ul. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków
e-mail: pawel.gora@uj.edu.pl*

A system whose dynamic conductance is modelled by an overdamped movement is a tilted double-well potential, displays a memristive behavior if subject to a periodic external current. If the current is contaminated by a weak thermal noise, a Stochastic Resonance in the transmitted current is observed. The case of a triple-well potential is also discussed.

Acknowledgement

This work has been supported by the Priority Research Area SciMat under the programme „Excellence Initiative – Research University” at the Jagiellonian University in Kraków.

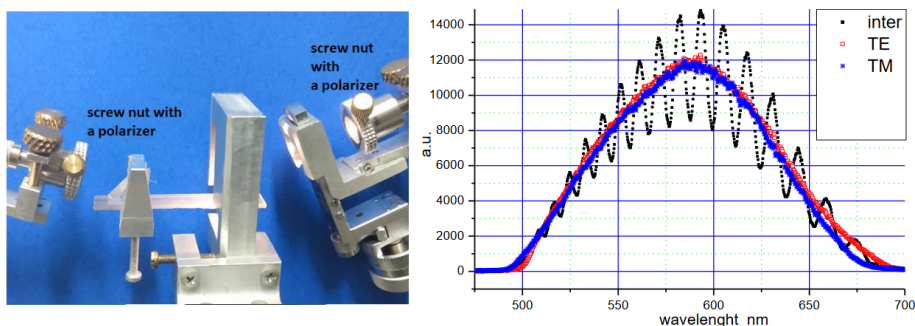
Szerokopasmowa interferencja różnicowa

K. Gut

*Katedra Optoelektroniki,
Politechnika Śląska,
ul. B. Krzywoustego 2, 44-100 Gliwice
e-mail: kazimierz.gut@polsl.pl*

Wynalezienie lasera doprowadziło do rozwoju wielu dziedzin nauki i techniki. 30 lat później powstał pierwszy światłowodowy miniaturowy spektroskop optyczny, który spowodował ekspansję techniki światłowodowej w dziedzinie czujników optycznych. Interferometryczne falowodowe czujniki planarne mają duże potencjalne możliwości zastosowań. W typowym interferometrze światłowodowym propaguje się zwykle fala o jednej długości fali [1]. W pracy [2] zaproponowano zastosowanie szerokopasmowego interferometru Mach-Zehndera do monitorowania zmian współczynnika załamania. W tym przypadku w interferometrze propaguje się światło z pewnego przedziału długości fal. Zmiana fazy w ramieniu pomiarowym zmienia rozkład widmowy na wyjściu struktury falowodowej.

W pracy [3] przedstawiono model szerokopasmowego interferometru różnicowego dla światłowodów z warstwą falowodową Si_3N_4 na podłożu SiO_2 . W pracy [4] opisano zjawisko interferencji różnicowej oraz przedstawiono model planarnego szerokopasmowego interferometru różnicowego na bazie polimeru SU-8. Na podstawie pomiarów spektralnych współczynników załamania falowodu oraz podłoża wyznaczono spektrometryczny sygnał układu dla różnych współczynników załamania pokrycia falowodu. Wpływ parametrów geometrycznych falowodu na pracę układu przedstawiono w pracy [5].



Rysunek 1: Zdjęcie stanowiska pomiarowego oraz rejestrowane sygnały

W proponowanej pracy zostanie przedstawiona analiza doświadczalna (Rysunek 1) szerokopasmowego interferometru różnicowego na bazie faliowodu o gradientowym profilu współczynnika załamania [6].

Bibliografia

- [1] Kozma P., Kehl F., Ehrentreich-Forster E., Stamm C., Bier F. F., Biosens. Bioelectron. 58, 287 (2014).
- [2] Kitsara M., Misiakos K., Raptis I., Makarona, E., Opt. Express 18, 8193 (2010).
- [3] Gut K., Opt. Express 25, 3111 (2017).
- [4] Gut K., Opilski Z., Bull. Pol. Acad. Sci. Tech. Sci. 63, 349 (2015).
- [5] Gut K., Nanomaterials 9, 729 (2019).
- [6] Gut K., Błahut M., Sensors 23, 6092 (2023).

Wpływ efektów relatywistycznych na nadprzewodnictwo

S. Gutowska, B. Wiendlocha

*Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej,
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail: gutowska@agh.edu.pl*

Oddziaływanie spin-orbita to jeden z efektów relatywistycznych, który znacząco wpływa na strukturę elektronową związków, zawierających ciężkie pierwiastki i prowadzi na przykład do zjawisk topologicznych.

Poprzez zmianę struktury elektronowej, efekt ten wpływa również na własności fononowe, a w konsekwencji, na nadprzewodnictwo.

Na Zjeździe przedstawię wyniki swoich badań *ab initio* na temat wpływu oddziaływania spin-orbita na fonony, oddziaływanie elektron-fonon i nadprzewodnictwo wybranych materiałów.

Na tej podstawie omówię ogólny mechanizm, w jaki sposób oddziaływanie spin-orbita wpływa na własności fononowe i nadprzewodzące oraz w jakich przypadkach może ono prowadzić do polepszenia własności nadprzewodzących.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane ze środków NCN, projekt nr 2017/26/E/ST3/00119. Sylwia Gutowska dziękuje za wsparcie finansowe w ramach projektu POWR.03.02.00-00-I004/16. Praca została wykonana z wykorzystaniem Infrastruktury PL-Grid.

Wybrane układy molekularne i ich właściwości w podejściu połączonej pierwszej i drugiej kwantyzacji

M. Hendzel, M. Fidrysiak, J. Spałek

*Instytut Fizyki Teoretycznej,
Uniwersytet Jagielloński,
ul. Łojasiewicza 11, 30-348 Kraków
e-mail: maciej.hendzel@doctoral.uj.edu.pl*

Nasze badania skupione są wokół charakterystyki właściwości układów molekularnych oraz wiązań chemicznych [1]. Poprzez wprowadzenie pojęcia atomowości, charakteryzujemy wielocząstkową funkcję falową (ściśła dla molekuly wodoru) w kontekście jej atomowego charakteru oraz badamy wkłady atomowe do kolektywnych stanów elektronowych, skutecznie eliminując niepożądane zachowanie kowalencyjności wraz ze wzrostem odległości międzyatomowej [2]. Na Rysunku 1 przedstawiono główne charakterystyki, możliwe do otrzymania dla molekuly wodoru (w ramach ścisłego rozwiązania modelu Heitlera-Londona).

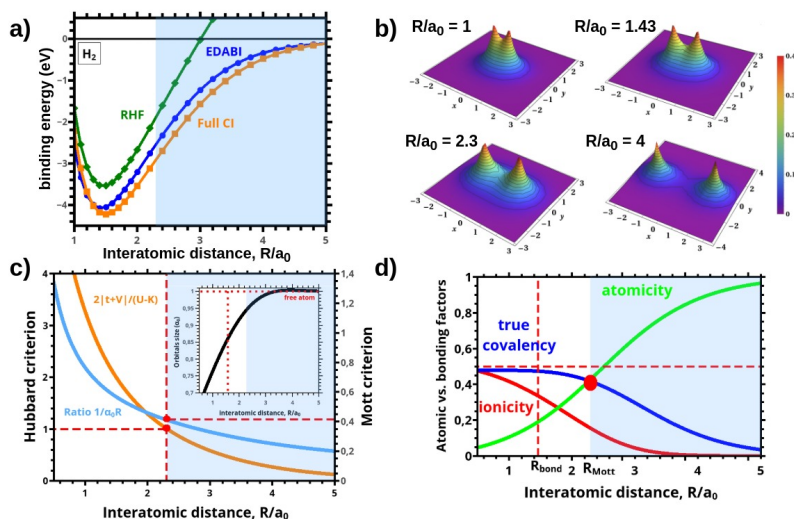
Ponadto, koncepcja ta oferuje nową interpretację wiązań chemicznych, umożliwiając głębsze zrozumienie związanej z nimi fizyki. W naszej metodzie wykorzystujemy mikroskopowe parametry hamiltonianu (wariacyjne obliczanie całek wraz z optymalizacją rozmiaru orbitali) oraz ścisłą diagonalizację hamiltonianu zadanego w języku drugiej kwantyzacji. Takie podejście może być z powodzeniem stosowane do molekuł dwuatomowych, wieloatomowych oraz układów nanofizycznych [3].

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane ze środków w ramach grantów OPUS z Narodowego Centrum Nauki o numerze UMO-2018/29/B/ST3/02646 oraz UMO-2021/41/B/ST3/04070.

Bibliografia

- [1] Hendzel M., Fidrysiak M., Spałek J., J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 55, 185101 (2022).
- [2] Hendzel M., Fidrysiak M., Spałek J., J. Phys. Chem. Lett. 13, 10261-10266 (2022).
- [3] Roćławik E., Fidrysiak M., Hendzel M., Spałek J., in Polish Quantum Chemistry from Kolos to Now, Advances in Quantum Chemistry, Vol. 87, Musiał M., Grabowski I. (ed.), Academic Press (2023).



Rysunek 1: Główne cechy wiązań na podstawie naszych dokładnych rozwiązań modelu Heitlera-Londona: (a) porównanie naszych wyników EDABI dla najniższej energii z innymi metodami; (b) ewolucja gęstości elektronowej w funkcji odległości międzyatomowej R/a_0 ; (c) punkty początku lokalizacji elektronowej (czerwone): znormalizowany rozmiar orbitalu atomowego w funkcji R ; obszar zacieniony: reżim silnej korelacji (d)

Alpha and Beta Measurements on the Quantulus Spectrometer at Gliwice Laboratory: Investigating the Radon Issue in Radiocarbon Dating

M. Jędrzejowski, D. J. Michczyńska, A. Michczyński,
M. Kłusek, K. Tudyka

*Institute of Physics – Centre for Science and Education,
Silesian University of Technology,
ul. Konarskiego 22B, 44-100 Gliwice
e-mail: maksymilian.jedrzejowski@polsl.pl*

There are two methods of determining the ^{14}C content in the sample: count rate measurement, utilized in Liquid Scintillation Counting (LSC) technique, and concentration measurement, utilized in Accelerator Mass Spectrometry (AMS) technique.

The Quantulus spectrometer is a ultra-low background spectrometer. Radionuclides are measured in α/β spectra, and Quantulus 1220TM spectrometer can be used to many experiments such as determining content of ^3H in sample [1, 2], ^{14}C in sample [1, 3], uranium series radionuclides in drinking water [4, 5] or ^{210}Pb and ^{210}Po content in sample [6]. At the Institute of Physics, the Quantulus spectrometer is used for research activities related to the measurement of ^{14}C isotope concentration for the purposes of geology, research on changes in the environment now and in the past, and archeology [1]. Occasionally, the spectrometer was used to study of tritium isotope.

The radon problem during ^{14}C content measurements emerges as ^{226}Ra and ^{222}Rn are present in underground water [7] and construction materials of buildings [8]. Therefore, these isotopes are present in water used for chemical pretreatment and in the atmosphere of a laboratory, resulting in sample contamination.

Thus far, various approaches have been developed to address this issue:

- **Aging process.** As the half-life of ^{222}Rn is 3.8222(9) days [9] therefore approximately 99.6% of ^{222}Rn nuclides will decay over one month of freeze-storing.
- **Freeze-pump cycle.** Four freeze-pump-thaw cycles at either -20 °C (using a mixture of H_2O ice and NaCl) or -72 °C (using a mixture of dry ice and ethanol), can reduce ^{222}Rn contamination to background levels [10].
- **Correction using a $^{214}\text{Bi}/^{214}\text{Po}$ pair decay event.** If two consecutive counts are registered within a certain time window, they can be interpreted as a $^{214}\text{Bi}/^{214}\text{Po}$ pair decay event [11, 12].
- **Linear regression fitting method.** Linear regression can be fit to measurement results after taking the natural logarithm of the radioactive decay equation [13].

Since linearization alters the probability density distribution [14], and this approach adds an additional degree of freedom to calculations, it is not suitable for modern-day processing standards.

We propose a contemporary approach of direct weighted exponential function fitting utilizing a numerical algorithm. This approach is used for freshly prepared samples, eliminating the need for a month of waiting. It also does not require additional electronic devices, computations are very quick, and the probability density distribution is not changed via calculations.

Acknowledgement

The research was supported by the SUT subsidy for the maintenance and development of research potential 14/020/BK.23/0028.

References

- [1] Pawlyta J., Pazdur A., Rakowski A. Z., Miller B. F., Harkness D. D., Radiocarbon 40, 201-209 (1997).
- [2] Schäfer I., Hebert D., Zeiske U., Appl. Radiat. Isot. 53, 309-315 (2000).
- [3] Krajcar Bronić I., Horvatinčić N., Barešić J., Obelić B., Appl. Radiat. Isot. 67, 800-804 (2009).
- [4] Schönhofer F., The Analyst 114, 1345-1347 (1989).
- [5] Salonen L., Hukkanen H., J. Radioanal. Nucl. Chem. 226, 67-74 (1997).
- [6] Kim C.-K., Martin P., Fajgelj A., Accred. Qual. Assur. 13, 691-702 (2008).
- [7] Cothorn C. R., Rebers P. A., Radon, Radium, and Uranium in Drinking Water, CRC Press (2014).
- [8] Nero A. V., Nazaroff W. W., Radiat. Prot. Dosim. 7, 23-39 (1984).
- [9] National Nuclear Data Center (NNDC). NuDat 3.0. <https://www.nndc.bnl.gov/nudat3/> (dostęp 03.06.2023).
- [10] Tudyka K., Pawelczyk F., Michczyński A., Measurement 167, 108263 (2021).
- [11] Theodórsson P., Radiocarbon 47, 231-234 (2005).
- [12] Tudyka K., Bluszcz A., Kozłowska B., Pawlyta J., Michczyński A., Radiat. Meas. 74, 6-11 (2015).
- [13] Gupta S. K., Polach H. A., Radiocarbon dating practices at ANU, Canberra (1985).
- [14] Box G. E. P., Cox D. R., J. R. Stat. Soc. B 26, 211-243 (1964).

Wpływ wiązania C=C na stabilizację pierścienia sześciocząłonowej cząsteczki heterocyklicznej zawierającej heteroatomy tlenu i azotu

M. K. Jurkowski, T. J. Wąsowicz

*Zakład Spektroskopii Układów Złożonych,
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: michal.jurkowski@pg.edu.pl*

Cząsteczki heterocykliczne występują w większości wszystkich znanych związków chemicznych. Są obecne w strukturze wszystkich kwasów nukleinowych, większości leków, aminokwasów, enzymów, witamin oraz wielu barwników naturalnych i syntetycznych. Ze względu na to, że wiele z tych związków ma fundamentalne znaczenie dla procesów życiowych, istnieje ogromne zapotrzebowanie na wyniki doświadczalne, dotyczące ich absorpcji, wzbudzenia, jonizacji, izomeryzacji oraz fragmentacji, wywołanych różnymi formami promieniowania.

W szczególności istotne jest sondowanie procesów zrywania i tworzenia się nowych wiązań chemicznych. Analiza tych procesów może przybliżyć wyjaśnienie wpływu oddziaływania wiatru słonecznego z pierwotnym ośrodkiem międzyplanetarnym, tworzącym prebiotyczne związki w Układzie Słonecznym czy też w przewidywaniu skutków oddziaływania pomieniowania jonizującego na organizmy żywe, w terapiach medycznych oraz lotach w przestrzeń kosmiczną.

W niniejszym komunikacie zaprezentowane będą wyniki badań jonizacji dysocjacyjnej sześciocząłonowych cząsteczek heterocyklicznych, zawierających heteroatomy tlenu i azotu. Celem tych badań była analiza roli, jaką odgrywają wiązania podwójne C=C w procesach jonizacji i dysocjacji pirydyny (C_5H_5N), tetrahydropiranu ($C_5H_{10}O$) i dihydropiranu (C_5H_8O). Sformułowano szereg pytań badawczych, z których do najważniejszych należą: jaka zachodzi zależność między ilością wiązań C=C, a stabilnością sześciocząłonowego pierścienia cząsteczki heterocyklicznej i mechanizmami jego fragmentacji? Jaki zachodzi związek między stabilnością cząsteczki a obserwowanymi fragmentami? Jaka zachodzi zależność między procesami fragmentacji i fragmentami a typem heteroatomu? W celu weryfikacji hipotez, opartych na tych pytaniach przeprowadzono eksperymenty wykorzystujące spektrometrię mas ze wzbudzeniem, wywołanym zderzeniami z elektronami oraz promieniowaniem synchrotronowym. W rezultacie otrzymano widma masowe, które pozwoliły na identyfikację najbardziej prawdopodobnych fragmentów dysocjacji. Ponadto zmierzono całkowite i względne przekroje czynne na jonizację dysocjacyjną tych fragmentów, w zakresie energii od progów jonizacji do 140 eV. Wyznaczono też energie pojawiania się większości fragmentów jonowych. Wykazano istnienie mechanizmu odwodornienia poprzez

sekwencyjną eliminację atomów wodoru z macierzystego kationu pirydyny lub produktów jego fragmentacji. W celu rozszyfrowania charakteru tego procesu, mechanizmów fragmentacji oraz roli wiązań C=C dodatkowo zainicjowano obliczenia przy użyciu metod kwantowo-chemicznych.

Splątanie i sterowanie kwantowe w układzie n kubitów

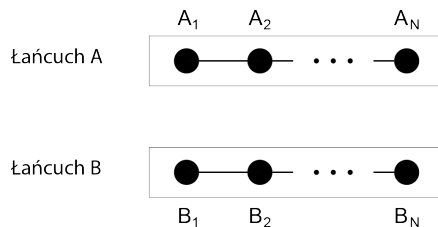
J. K. Kalaga, W. Leoński

*Zakład Optyki i Inżynierii Kwantowej,
Instytut Fizyki, Uniwersytet Zielonogórski,
ul. Szafrana 4a, 65-516 Zielona Góra
e-mail: j.kalaga@if.uz.zgora.pl*

Układy kwantowe wykazujące silne korelacje, takie jak splątanie czy sterowalność typu EPR, odgrywają istotną rolę w teorii informacji kwantowej. Układy takie mają zastosowanie w kryptografii kwantowej i protokołach komunikacji kwantowej, a jednym z ważniejszych zagadnień jest problematyka transferu korelacji w układach wielomodowych. Gra ona szczególną rolę w kwantowej transmisji informacji oraz w procesach dystrybucji kluczy kwantowych.

W prezentowanym tu komunikacie koncentrujemy się na transferze splątania oraz sterowania kwantowego wzdłuż dwóch nieoddziałujących ze sobą łańcuchów kubitów (Rysunek 1). Każdy łańcuch składa się z oddziałujących ze sobą anharmonicznych oscylatorów kwantowych typu Kerra.

Analizujemy tu ewolucję czasową parametrów, określających stopień splątania [1, 2] oraz sterowalność stanów dwu-kubitowych [3]. Pokazujemy, że stan splątany lub sterowalny, opisujący pierwszą parę dwóch kubitów A_1 - B_1 , można skutecznie przenieść do ostatniej pary kubitów A_N - B_N .



Rysunek 1: Schemat dwóch łańcuchów zawierających N oscylatorów nieliniowych. Poziome linie reprezentują oddziaływania pomiędzy oscylatorami wewnątrz każdego z łańcuchów

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane ze środków Ministra Edukacji i Nauki pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019-2023, 003/RID/2018/19, kwota finansowania 11 936 596,10 zł.

Bibliografia

- [1] Hill S., Wootters W. K., Phys. Rev. Lett. 78, 5022 (1997).
- [2] Wootters W. K., Phys. Rev. Lett. 80, 2245 (1998).
- [3] Cavalcanti E. G., He Q. Y., Reid M. D., Wiseman H. M., Phys. Rev. A 84, 032115 (2011).

Obserwacja przekazu ładunku w procesie zderzenia jonów He^+ z atomami He i Ar oraz molekułą O_2 w zakresie energii pośrednich

P. Kamiński, R. Drozdowski

*Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki,
 Uniwersytet Gdański,
 ul. Wita Stwosza 57, 80-308 Gdańsk
 e-mail: patryk.kaminski@ug.edu.pl*

Zderzenia obiektów kwantowych są skomplikowanymi procesami fizycznymi w szczególności, gdy obiekty te mają złożoną strukturę. Efekty oddziaływania zależą od energii zderzenia i zwykle opisywane są w trzech zakresach energii, klasyfikowanej w odniesieniu do względnej prędkości zderzających się obiektów. W przypadku, gdy „tarczą” są atomy, interesującym i jednocześnie trudnym do opisu jest zakres energii pośrednich, gdzie prędkość „pocisku” porównywalna jest z „prędkością orbitalną” elektronów tarczy. Efektem zderzenia może być wzbudzenie atomów tarczy lub przekazanie ładunku między zderzającymi się obiektami, a także rozpad jednego lub obu obiektów. Do analizy poszczególnych zjawisk koniecznym jest zastosowanie odpowiednich metod doświadczalnych. Do wyznaczenia względnych przekrojów czynnych na wzbudzenie atomów He (atomów tarczy) w zderzeniach w zakresie energii pośrednich $\text{He}^+ - \text{He} \rightarrow \text{He}^+ - \text{He}^*$, $\text{He} - \text{He} \rightarrow \text{He} - \text{He}^*$ i $^{40}\text{Ar}^{+nq} - \text{He} \rightarrow ^{40}\text{Ar}^{+nq} - \text{He}^*$ ($q = 6, 13, 14$) zastosowano spektroskopię antykrzyżujących się poziomów. Ustalono, że wzbudzenie atomów He następuje w wyniku promocji elektronu do wyższych stanów energetycznych poprzez tzw. mechanizm atomowej pułapki Paula (teoria dynamiki siodłowej) [1-5].

Jeszcze bardziej ciekawym procesem w zakresie energii pośrednich jest przekaz ładunku w zderzeniu $\text{He}^+ - \text{X} \rightarrow \text{He}^* - \text{X}^+$ ($\text{X} = \text{He}, \text{Ar}, \text{O}_2$). Na konferencji przedstawione zostaną wyniki pomiarów przechwyty elektronu przez jony helu $^4\text{He}^+$ o energiach od 10 keV do 30 keV. W tym przypadku również została zastosowana spektroskopja antykrzyżujących się poziomów, w połączeniu ze spektroskopją klasyczną. Jak wynika z analizy przeprowadzonych doświadczeń, przekaz elektronu w zderzeniach jonów He^+ z atomami He również można opisać mechanizmem atomowej pułapki Paula. W czasie zderzenia $\text{He}^+ - \text{He} \rightarrow \text{He}^* - \text{He}^+$ tworzy się kompleks He_2^+ o strukturze dwóch jonów He^+ , z jednym wspólnym elektronem znajdującym się na siodle potencjału tych dwóch jonów. W końcowym etapie zderzenia elektron ten może pozostać z atomem tarczy, może przyłączyć się do jonu pocisku tworząc szybki wzbudzony atom lub może zostać zupełnie uwolniony [6]. Jak przebiega proces przekazania elektronu w przypadku zastosowania jako tarczy atomu Ar lub molekuły O_2 ?

Okazuje się, że po zderzeniu część powstałych atomów He posiada elektryczny moment dipolowy, co oznacza, że znajdują się one w stanie będącym superpozycją stanów stacjonarnych. Wyznaczenie tego stanu umożliwia obliczenie względnych przekrojów czynnych na wzbudzenie stanów stacjonarnych i daje opis rozkładu gęstości chmury elektronowej. Doświadczalne określenie stanu po zderzeniu jest możliwe poprzez zastosowanie spektroskopii antykrzyżujących się poziomów, czyli obserwacji natężenia wyselekcjonowanej linii widmowej – w prezentowanym przypadku $\lambda(1s4l\ ^3D, ^3F \rightarrow 1s^2p\ ^3P) = 447.2\text{ nm}$, w funkcji natężenia zewnętrznego osiowego pola elektrycznego. Wzbudzony stan określa się poprzez porównanie zarejestrowanego widma antykrzyżujących się poziomów z numeryczną symulacją tego widma. Zarówno rejestracja widma jak i obliczenia są dosyć złożone, gdyż ze względu na duże prędkości wzbudzonych atomów He obszar obserwacji też jest znaczny (około 1 cm) i znajduje się w odległości 1.2 cm od obszaru wzbudzenia. W obliczeniach wykorzystano teorię macierzy gęstości zależnej od czasu.

Bibliografia

- [1] Baszanowska E., Drozdowski R., Kamiński P., von Oppen G., Excitation of He Atoms by 10-30 KeV He⁺ Impact, J. Phys. B At. Mol. Opt. Phys. 45, 115203 (2012).
- [2] Baszanowska E., Drozdowski R., Kamiński P., von Oppen G., Excitation of 1s4 l Levels of He Atoms by (10-30 KeV) He Atoms Impact, Phys. Scr. 94, 055402 (2019).
- [3] Baszanowska E., Drozdowski R., Kamiński P., von Oppen G., Electric Dipole Moments of He Atoms Excited to the 1s5 l (l ≥ 2) States by He⁺-Ion Impact at Intermediate Energies, J. Phys. B At. Mol. Opt. Phys. 47, 195201 (2014).
- [4] Tschersich M., Drozdowski R., Busch M., Skogvall B., von Oppen G., Coulomb Excitation of Helium Atoms in Collisions with Highly Charged Ions, J. Phys. B At. Mol. Opt. Phys. 32, 5539 (1999).
- [5] Busch M., Drozdowski R., Ludwig T., von Oppen G., Paul-Trap Resonance in He⁺-He Collisions, J. Phys. B At. Mol. Opt. Phys. 36, 4849 (2003).
- [6] Afaneh F., Dörner R., Schmidt L., Weber T., Stiebing K. E., Jagutzki O., Schmidt-Böcking H., Must Saddle Point Electrons Always Ride on the Saddle?, J. Phys. B At. Mol. Opt. Phys. 35, 102 (2002).

Badania właściwości fizykochemicznych materiałów funkcjonalnych i nanostruktur

A. Kaźmierczak-Bałata, J. Bodzenta

*Zakład Fizyki Stosowanej,
Instytut Fizyki - Centrum Naukowo Dydaktyczne,
Politechnika Śląska,
ul. Akademicka 2A, 44-100 Gliwice
e-mail: akazmierczak@polsl.pl*

W zakresie badań właściwości elektronowych i chemicznych powierzchni materiałów w Zakładzie Fizyki Stosowanej Instytutu Fizyki Politechniki Śląskiej wykorzystywane są metody fotoemisyjne ultra-wysokiej próżni takie jak fotoelektronowa spektroskopia rentgenowska i ultrafioletowa oraz spektroskopia wydajności kwantowej fotoemisji. Wszystkie metody fotoemisyjne wykorzystują hemisferyczny analizator energii elektronów Prevac EA15 sprzężony z dwuwymiarowym detektorem typu MCP. Dzięki komplementarnemu podejściu łączącemu metody eksperymentalne i teoretyczne możliwe jest badanie np. określania mechanizmów sensorowych w materiałach oraz badania zjawisk powierzchniowych i interfazowych ze szczególnym uwzględnieniem efektów transferu ładunku w badanych nanomateriałach.

Badania właściwości cieplnych dotyczą pomiarów współczynnika przewodnictwa cienkich warstw metodą skaningowej mikroskopii cieplnej (STMM) oraz modelowania transportu ciepła w układzie sonda-próbka. W ramach prowadzonych badań stworzono model elektryczno cieplny sondy metodą elementów skończonych oraz opracowano technikę pomiaru lokalnych właściwości cieplnych polegającą na modulowaniu prądu sondy cieplnej i pomiarze oporu statycznego i dynamicznego sondy. Mikroskopia cieplna umożliwia nie tylko wyznaczanie współczynnika cieplnego w nanoskali, ale również poprzez obrazowanie cieplne diagnostykę powierzchni struktur elektro-nicznych.

Badania struktur półprzewodnikowych metodami elektrycznymi, fotoelektrycznymi (pomiarы fotoprądu, fotopojemności, fotonapięcia powierzchniowego za pomocą sondy Kelvina) i optycznymi (fotoluminescencja) pozwalają na komplementarną charakterystykę właściwości elektronowych powierzchni i granic fazowych, tj. stanów powierzchniowych, poziomu Fermiego oraz rekombinacji powierzchniowej. Rezultatem tych badań było m.in. opracowanie fotodetektora promieniowania UV odpornego na wysoką temperaturę pracy (do 250 °C) na bazie struktury metal-dielektryk-AlGa^N/Ga^N (w ramach projektu funduszy strukturalnych InTechFun, we współpracy z Instytutem Technologii Elektronowej) oraz opracowanie modelu ciągłych stanów powierzchniowych na granicy dielektryk-AlGa^N/Ga^N, a także wykazanie wpływu tych stanów na pracę tranzystorów HEMT dużej mocy.

Opracowanie i badanie struktur czujnikowych: analizy teoretyczne i eksperymentalne struktur czujnikowych pod kątem optymalizacji czułości, czasów odpowiedzi, se-

lektywności dla materiałów półprzewodzących tj. metaloftalocyjaniny, tlenki metali, polimery względem śladowych koncentracji gazów i par toksycznych w powietrzu, np. bojowe środki trujące – symulant sarinu DMMP. Wykorzystanie konfiguracji rezystancyjnej oraz modułów z akustyczną falą powierzchniową (AFP) do testowania prototypowych struktur sensorowych za pomocą generatora par OVG-4 z certyfikowanymi ampułami substancji toksycznych par i gazów. Analiza dwuwarstwowych struktur sensorowych w układzie z AFP pod kątem optymalizacji czułości akustoelektronowej.

Jawna postać operatora położenia fotonu oraz jego szczególne stany własne

G. M. Koczan^{1,2}, A. Jadczyk³

¹*Katedra Mechanicznej Obróbki Drewna,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa*

²*Członek Polskiego Towarzystwa Fizycznego*

³*2955 Rue de Toulouse,
82100 Castelsarrasin, France*

e-mail: grzegorz.koczan1@sggw.edu.pl

Naukowe *status quo* istnienia operatora położenia fotonu i jego postaci jest wciąż niejasne. Jedni badacze już dawno zdefiniowali *implicite* operator położenia fotonu (Pryce 1948; Jadczyk, Jancewicz 1973; Bacry 1988), ale wskazali na brak komutacji jego składowych. Inni badacze postulują zaś istnienie operatora położenia fotonu o komutujących składowych (Hawton 1999; Hawton, Baylis 2001; Dobrski i inni 2023). Jednak operator położenia o komutujących składowych został poddany krytyce (Jadczyk, Schlichtinger 2022). Natomiast polski badacz problemu, prof. Iwo Białynicki-Birula wraz z żoną negują istnienie operatora położenia fotonu (Białynicki-Birula, Białynicki-Birula III 2012). Fakt ten nie przeszkodził jednak na sformułowanie ściślej reguły nieoznaczoności dla położenia i pędu fotonu (Białynicki-Birula, Białynicki-Birula VIII 2012), za co między innymi została przyznana profesorowi nagroda Fundacji Nauki Polskiej w 2014 roku oraz medal Smoluchowskiego w 2021 roku. Z powyższego oraz na podstawie pracy (Jadczyk, Jancewicz 1973) można wnioskować, że operator położenia fotonu o niekomutujących składowych istnieje, ale foton może być zlokalizowany co najwyżej wzdłuż zamkniętych pętli („strun”).

Autor prezentacji zaatakował problem operatora położenia fotonu, metodycznie i skutecznie, jeszcze w ramach pracy magisterskiej (Koczan 2002). Postać operatora położenia fotonu, podana *explicite* w pracy magisterskiej, okazała się równoważna niektórym postaciom, podanym mniej lub bardziej *implicite* w różnych innych reprezentacjach przez: Borna i Infelda, Pryce’a, Jadczyka i Jancewicza oraz Bacry’ego.

Bacry podał stany własne z -owej składowej operatora położenia fotonu (Bacry 1988). Jest jednak zaskakujące, iż istnieją niesprzeczne matematycznie stany własne jednocześnie dla dwóch składowych: y oraz z („nieskończona otwarta struna fotonowa”). Wynika to z faktu, że komutator składowych jest operatorem, który może mieć dla określonych stanów zerową wartość własną. Idąc tym tropem dochodzimy do stanów zlokalizowanych na okręgu („zamknięta struna fotonowa”). „Struny fotonowe” są nietrwałymi stanami własnymi składowych położenia (z oraz y lub r). Nietrwałość tych stanów wynika wprost z zasady nieoznaczoności Heisenberga. Nie istnieje stan fotonu zlokalizowany w punkcie. Jeżeli spróbujemy wtłoczyć do punktu

foton zlokalizowany na płaszczyźnie, to otrzymamy „płaski wir fotonowy”. W takim stanie lokalizacja fotonu w ramach płaszczyzny nie jest opisana deltą Diraca, ale osobliwą funkcją wektorową, której kwadrat modułu jest odwrotnie proporcjonalny do czwartej potęgi odległości od osobliwości. Osobliwy charakter tego typu stanów częściowo tłumaczy, dlaczego operator położenia fotonu wciąż budzi kontrowersje. Jednakże analiza „strunowych” stanów fotonowych zasadniczo potwierdza wnioski zawarte w pracy (Jadczyk, Jancewicz 1973).

Bibliografia

- [1] Born M., Infeld L. (1935), The Quantization of New Field Theory. II, Proc. Roy. Soc. A 150, 141-166.
- [2] Pryce M. H. L. (1948), The mass-centre in the restricted theory of relativity and its connexion with the quantum theory of elementary particles, Proc. Roy. Soc. A 195, 62-81.
- [3] Jadczyk A. Z., Jancewicz B. (1973), Maximal localizability of Photons, Bull. de L'Academie Polonaise des Sciences 21, 477-483.
- [4] Bacry H. (1988), The position operator revisited, Ann. Inst. Henri Poincare 49, 245-255.
- [5] Hawton M. (1999), Photon position operator with commuting Components, Phys. Rev. A 59, 954-959.
- [6] Hawton M., Baylis W. E. (2001), Photon position operators and localized bases, Phys. Rev. A 64, 012101.
- [7] Koczan G. (2002), Operator położenia w relatywistycznej mechanice kwantowej, praca magisterska, Uniwersytet Warszawski, promotor: Pachucki K., recenzent: Białynicki-Birula I., www.researchgate.net/publication/354691914, DOI:10.13140/RG.2.2.12135.57769.
- [8] Białynicki-Birula I., Białynicki-Birula Z. (III 2012), Uncertainty Relation for Photons, Phys. Rev. Lett. 108, 140401.
- [9] Białynicki-Birula I., Białynicki-Birula Z. (VIII 2012), Heisenberg uncertainty relations for photons, Phys. Rev. A 86, 022118.
- [10] Jadczyk J., Schlichtinger A. M. (2022), A Comment on the „Photon position operator with commuting components” by Margaret Hawton, arXiv:2203.14555v2.
- [11] Dobrski M., Przanowski M., Tosiek J., Turrubiates F. J. (2023), Construction of a photon position operator with commuting components from natural axioms, arXiv:2205.04791v3.

Badanie mechanizmów plastyczności w stekstutowanym stopie magnezu AZ31 dla wybranych grup ziaren przy użyciu dyfrakcji neutronowej

P. Kot^{1,2}, A. Baczmański², M. Wroński², G. Farkas³,
M. Muzyka⁴, S. Wroński²

¹*NOMATEN Centre of Excellence,
National Centre of Nuclear Research,
ul. A. Soltana 7, 05-400 Otwock-Świerk, Poland*

²*AGH - University of Science and Technology, WFiIS,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Poland*

³*Nuclear Physical Institute, ASCR,
Hlavní 130, 25068 Řež, Czech Republic*

⁴*Institute of Oceanology of the Polish Academy of Sciences (IO PAS),
ul. Powstańców Warszawy 55, 81-712 Sopot, Poland
e-mail: przemyslaw.kot@ncbj.gov.pl*

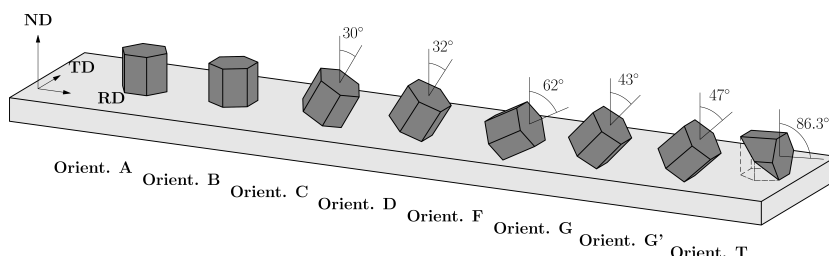
Silnie steksturyzowany stop magnezu AZ31, pomimo izotropowych stałych elastycznych, charakteryzuje się silną anizotropią odpowiedzi na przyłożone naprężenie makroskopowe. W celu wytłumaczenia tego zjawiska wykonano pomiary dyfrakcji neutronów podczas próby rozciągania na dyfraktometrze naprężeniowym HK9 (NPI, Rez, Czechy). Odształcenia sieci krystalicznej stopu magnezu zmierzono *in-situ* w kierunkach odpowiadających refleksom krystalograficznym pochodzącym od wybranych orientacji ziaren, dla których wyznaczano tensor naprężeń. Uzyskane w ten sposób wyniki pozwoliły na opracowanie metodologii eksperymentalnej opartej na tzw. metodzie grup krystalitów [1, 2] w celu określenia ewolucji naprężeń zlokalizowanych na grupach ziaren o różnych orientacjach krystalograficznych [3].

Wyniki uzyskane w tej pracy pokazują, że podczas odształcenia plastycznego na ziarnach o różnej orientacji sieci zlokalizowane są różne naprężenia, co wynika z anizotropii plastyczności krystalicznej związanej z poślizgami krystalograficznymi. Analizując ewolucję naprężeń von Misesa stwierdzono, że ziarna, dla których przyłożone obciążenie jest równoległe do płaszczyzny bazalnej (orientacja kryształów A i B, por. Rysunek 1) są twardsze niż ziarna odchylone od tej orientacji (orientacja kryształu C, Rysunek 2).

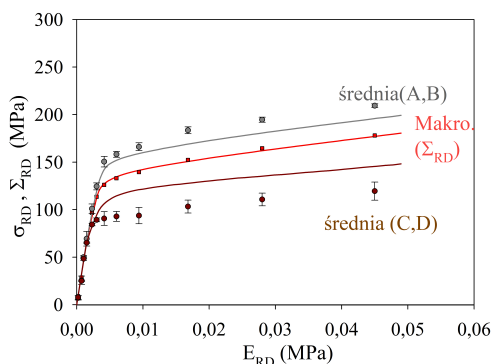
W badanym stopie magnezu wyznaczono wartości naprężeń krytycznych rozdzielonych (CRSS) dla różnych systemów poślizgu oraz systemu bliźniakowania. Aktywacja systemu bazalnego zachodzi dla niepreferowanych orientacji kryształów, dlatego system bazalny nie wpływa znacząco na charakter odpowiedzi makroskopowych odształceń plastycznych. Istotna makroskopowa deformacja plastyczna występuje,

gdy aktywowane są systemy inne niż system bazalny, przy znacznie wyższym obciążeniu w porównaniu z tym wymagany do aktywacji systemu bazalnego (CRSS jest znacznie wyższy dla poślizgów innych niż dla systemu bazalnego).

Wyznaczone wartości CRSS dla wszystkich systemów poślizgu i systemu bliźniakowania zostały wprowadzone do elastoplastycznego modelu samouzgodnionego jako parametry co pozwoliło na znaczące ujednoznacznienie dopasowywanych parametrów modelu i osiągnięcie wysokiej zgodności modelu z wynikami eksperymentalnymi.



Rysunek 1: Badane orientacje A B, C, D, F, G, G' i T – bliźniaki



Rysunek 2: Ewolucja składowej σ_{RD} i Σ_{RD} tensora naprężeń dla wybranych grup ziaren posiadających badane orientacje. Czerwoną linią zaznaczono makroskopową odpowiedź próbki na przyłożone naprężenie

Podziękowania

Praca została sfinansowana z grantu Narodowego Centrum Nauki (NCN) nr UMO-2017/25/B/ST8/00134 oraz UMO-2021/41/N/ST5/00394. P. Kot został częściowo dofinansowany z unijnego projektu POWR.03.02.00-00-I004/16. Badania były częściowo finansowane z programu „Inicjatywa doskonałości – uczelnia badawcza” dla Akademii Górniczo-Hutniczej. P. Kot jest częściowo wspierany przez program badawczo-innowacyjny Unii Europejskiej Horyzont 2020 w ramach umowy o grant nr 857470 oraz z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego za pośrednictwem programu Fundacji na rzecz Nauki Polskiej Międzynarodowe Agencji Badawcze PLUS Grant nr MAB PLUS/2018/8.

Bibliografia

- [1] Ortner B., On the selection of measurement directions in second-rank tensor (e.g. elastic strain) determination of single crystals, *J. Appl. Crystallogr.* 22, 216-221 (1989).
- [2] Dakhlaoui R., Klosek V., Mathon M. H., Marini B., Orientation stress field analysis in polycrystalline bcc steel using neutron diffraction, *Acta Mater.* 58, 499-509 (2010).
- [3] Baczmański A., Kot P., Wroński S., Wróbel M., Wroński M., Pilch J., Muzyka M., Wierzbowski K., Zhao Y., Le Joncour L., François M., Panicaud B., Direct diffraction measurement of critical resolved shear stresses and stress localisation in magnesium alloy, *Mater. Sci. Eng. A* 801, 140400 (2021).

Dimeryzacja atomów fosforu i efekt Kondo w warstwowym tlenofosforku $\text{La}_3\text{Cu}_4\text{P}_4\text{O}_2$

S. Królak^{1,2}, M. J. Winiarski^{1,2}, D. Celik^{1,2}, T. Klimczuk^{1,2}

¹Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

²Centrum Materiałów Przyszłości,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

e-mail: s176593@student.pg.edu.pl; tomasz.klimczuk@pg.edu.pl

Tlenofosforki metali przejściowych wykazują wiele fascynujących zjawisk wynikających z obecności korelacji elektronowych, takich jak nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe [1], ujemny współczynnik rozszerzalności cieplnej [2] czy tworzenie gęstej sieci Kondo [3]. Chociaż rodzina związków $\text{Ln}_3\text{Cu}_4\text{P}_4\text{O}_2$ (Ln – lantanowiec) znana jest od odkrycia przez Cavę i innych w 1997 [4], ich właściwości fizyczne nie były szczegółowo badane.

W niniejszej pracy opisano udaną syntezę polikrystalicznego $\text{La}_3\text{Cu}_4\text{P}_4\text{O}_2$, który krystalizuje w strukturze typu $\text{Zr}_3\text{Cu}_4\text{Si}_6$. Właściwości fizyczne badanego związku określone zostały na podstawie pomiarów podatności magnetycznej, pojemności cieplnej i oporu elektrycznego, które uzupełnione zostały obliczeniami struktury elektronowej.

Zależność temperaturowa oporu elektrycznego $\text{La}_3\text{Cu}_4\text{P}_4\text{O}_2$ wykazuje wzrost poniżej temperatury $T = 14$ K. Takie zachowanie może być spowodowane przez oddziaływanie elektron-elektron (EEI), słabą lokalizację (WL) lub efekt Kondo [5]. Wszystkie z powyższych mechanizmów zostały rozważone. W oparciu o wyniki eksperymentalne i przetestowane modele, ostatecznie najbardziej prawdopodobne w przypadku $\text{La}_3\text{Cu}_4\text{P}_4\text{O}_2$ jest występowanie efektu Kondo, ponieważ 1) wzrost oporu elektrycznego w niskich temperaturach jest wrażliwy na zewnętrzne pole magnetyczne, 2) podatność magnetyczna wykazuje zachowanie Curie-Weissa, zgodne z obecnością zlokalizowanych momentów magnetycznych. Obliczona wartość momentu magnetycznego jest bardzo mała i maleje w niskich temperaturach, co wskazuje na formowanie się stanów singletowych elektron przewodnictwa-zlokalizowany moment magnetyczny, które jest charakterystyczne dla efektu Kondo.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane przez Politechnikę Gdańską ze środków programu TECHNETIUM IDUB, w ramach projektu „Synteza i badania wybranych silnie oddziałujących systemów elektronowych”, nr projektu DEC-21/2022/IDUB/III.4.1/Tc.

Bibliografia

- [1] Liu R. H. *et al.*, Anomalous Transport Properties and Phase Diagram of the FeAs-Based $\text{SmFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ Superconductors, *Phys. Rev. Lett.* 101, 087001 (2008).
- [2] Klimczuk T. *et al.*, Negative Thermal Expansion and Antiferromagnetism in the Actinide Oxypnictide NpFeAsO , *Phys. Rev. B* 85, 174506 (2012).
- [3] Luo Y. *et al.*, CeNiAsO : An Antiferromagnetic Dense Kondo Lattice, *J. Phys. Condens. Matter* 23, 175701 (2011).
- [4] Cava R. J., Zandbergen H. W., Krajewski J. J., Siegrist T., Hwang H. Y., Batlogg B., $\text{Ln}_3\text{Cu}_4\text{P}_4\text{O}_2$: A New Lanthanide Transition Metal Pnictide Oxide Structure Type, *J. Solid State Chem.* 129, 250 (1997).
- [5] Lee P. A., Ramakrishnan T. V., Disordered Electronic Systems, *Rev. Mod. Phys.* 57, 287 (1985).

Analiza właściwości fizykochemicznych hydrożelu roślinnego przy użyciu metod komputerowych

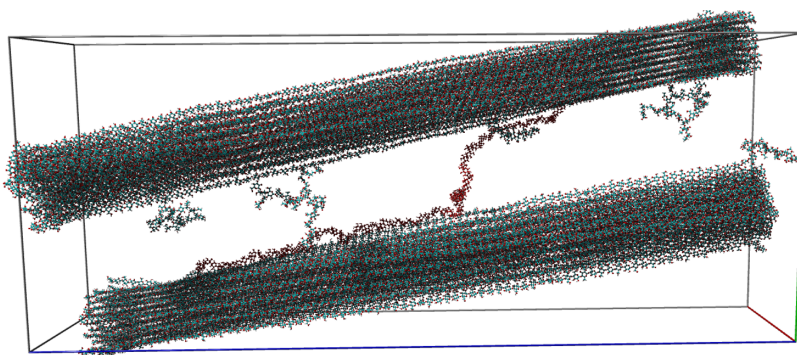
N. Kruszewska, J. Siódmiak

*Instytut Matematyki i Fizyki,
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej,
Politechnika Bydgoska,
ul. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz
e-mail: nkruszewska@pbs.edu.pl*

Hydrożele roślinne są materiałami miękkimi o dużym znaczeniu zarówno ze względu na ich funkcje biologiczne, jak i potencjalne zastosowanie przy projektowaniu nowych materiałów funkcjonalnych (wykorzystując paradygmat struktura-właściwość-funkcja). Celem naszych badań jest opisanie właściwości mikroreologicznych i struktury hydrożeli roślinnych na bazie celulozy przy użyciu metody dynamiki molekularnej (MD), wspartej analizą teoretyczną opartą na modelach anomalno-dyfuzyjnych [1], a w przyszłości za pomocą eksperymentów [2]. Badanymi biomateriałami są hydrożele na bazie celulozy z pektynami ramnogalakturnan I i homogalakturnan oraz hemicelulozą (Rysunek 1). Wykorzystywane są one przez Naturę do budowy otoczki nasion roślin, które, przy odpowiednim uwodnieniu, charakteryzują się dużą lepkością i sprężystością. Częsteczki wody wokół makrocząsteczek są odpowiedzialne za wyzwalanie różnych odpowiedzi tribologicznych, np. poprzez zmianę bariery energetycznej, dla tworzenia różnego rodzaju interakcji wewnątrz- i międzycząsteczkowych [3]. Ponadto, (nie)porządek strukturalny biomateriałów jest kluczowy dla spełniania ich funkcji (np. ochronnych, nawilżających). Struktura otoczki śluzowej nasion na poziomie nanoskopowym zademonstrowana została przy użyciu skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) przez grupę prof. S. Gorba [2]. Jednak oddziaływania w układzie oraz ich wpływ na lepkość sprężystość nieliniową, właściwości transportowe i stabilność termodynamiczną są nadal słabo poznane. W związku z tym badamy oddziaływania między- i wewnątrzcząsteczkowe w modelowym układzie śluzu roślinnego, a także dyfuzję cząsteczek wody w sąsiedztwie wspomnianych wyżej makrocząsteczek. Odpowiedź lepkość sprężysta tych materiałów jest głównie analizowana z wykorzystaniem średniokwadratowego przemieszczenia [1, 4, 5] środków masy cząsteczek.

Podziękowania

Praca jest wspierana przez BN-WTiCh-11/2022 Politechniki Bydgoskiej. Obliczenia przeprowadzono w Centrum Informatycznym Trójmiejskiej Akademickiej Sieci Komputerowej w Gdańsku.



Rysunek 1: Komputerowy model układu celulozy z pektynami ramnogalakturonan I i homogalakturonian oraz hemicelulozą

Bibliografia

- [1] Cherstvy A. G., Thapa S., Wagner C. E., Metzler R., *Soft Matter* 15, 2526 (2019).
- [2] Kreitschitz A., Gorb S.N., *PLOS ONE* 13, e0200522 (2018).
- [3] Yamamoto E., Akimoto T., Yasui M. *et al.*, *Sci. Rep.* 4, 4720 (2014).
- [4] Kruszevska N., Mazurkiewicz A., Szala G., Słomion M., *Materials* 15, 6935 (2022).
- [5] Kruszevska N., Domino K., Weber P., in *Water in Biomechanical and Related Systems*, Gadomski A. (Ed.), Springer, New York (2021).

Propagacja fal mechanicznych w jednowymiarowych strukturach z mikrocząstek przewodzących

T. Kubiak, Z. Rozynek

*Wydział Fizyki,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61-614 Poznań
e-mail: zbiroz@amu.edu.pl*

Przewodzące prąd elektryczny łańcuszki o grubości pojedynczej mikrocząstki posiadają szereg potencjalnych zastosowań przemysłowych, które obejmują m.in. produkcję biocząłników oraz elementów elektronicznych. Niezbędne jest zatem nie tylko opracowanie wydajnych i tanich sposobów wytwarzania takich jednowymiarowych struktur, ale również dokładne zbadanie ich właściwości elektrycznych i mechanicznych.

W naszym laboratorium formowanie łańcuszków odbywa się poprzez wyciąganie kolejnych mikrocząstek przewodzących (kulek ze stali nierdzewnej lub Sn63Pb37 o wymiarach od kilkudziesięciu do kilkuset μm) z cieczy dielektrycznej (oleju silikonowego o różnych lepkościach) za pomocą płynnie unoszonej elektrody igłowej, do której przyłożone jest napięcie. Fizyczne podstawy metody, wykorzystującej zarówno oddziaływania elektryczne, jak i kapilarne, opisano w pracach [1, 2].

W celu zbadania właściwości mechanicznych i elektrycznych łańcuszka zawieszona jest w powietrzu pomiędzy dwiema elektrodami i naciągana. Następnie, poprzez kontrolowane przemieszczenie jednej z elektrod, w takiej jednowymiarowej strukturze wzbudzona zostaje poprzeczna fala mechaniczna. Dzięki zastosowaniu ultraszybkich kamery sprzężonej z mikroskopem możliwe jest zarejestrowanie procesu propagacji wspomnianej fali w łańcuszku oraz wyznaczenie jej szybkości. Przeprowadzone dotychczas badania pozwoliły ustalić wpływ wielu czynników (m.in. wartości i częstotliwości przyłożonego napięcia, rodzaju oraz lepkości cieczy tworzącej mostki kapilarne a także rozmiaru cząstek i materiału, z jakiego są wykonane) na właściwości łańcuszków oraz szybkość rozchodzenia się w nich fali mechanicznej. Taką falę, propagującą w jednorodnym łańcuszku z mikrocząstek o wielkości 100 μm , przedstawiono na Rysunku 1. Dodatkowo podczas eksperymentów testowano również jednowymiarowe struktury heterogeniczne składające się z sekwencji cząstek, odmiennych pod względem materiału i rozmiaru. Wyniki naszych prac pozwalają lepiej zrozumieć mechanizmy formowania a także stabilizowania mikrościeżek zbudowanych z cząstek przewodzących.



Rysunek 1: Fala mechaniczna propagująca w łańcuszku z cząstek stali nierdzewnej o wymiarach $100\ \mu\text{m}$

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki, OPUS 17 (2019/33/B/ST5/00935) „Wydajny sposób wytwarzania mikrościezek o grubości pojedynczej cząstki oraz ich charakteryzacja i stosowność”; kierownik projektu dr hab. Zbigniew Rozynek.

Bibliografia

- [1] Rozynek Z., Harkavyi Y., Giżyński K., Mater. Des. 223, 1-11 (2022).
- [2] Rozynek Z., Han M., Dutka F., Garstecki P., Józefczak A., Lujten E., Nat. Commun. 8, 15255 (2017).

Wydażność optycznej dystrybucji klucza z ograniczonym zestawem kodów korekcji błędów

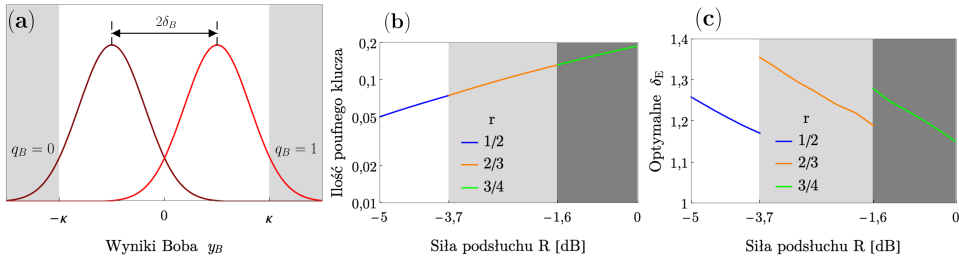
M. Kucharczyk^{1,2}, M. Jarzyna², M. Jachura², K. Banaszek^{1,2}

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

² *Centrum Nowych Technologii,
Uniwersytet Warszawski,
ul. S. Banacha 2c, 02-097 Warszawa
e-mail: m.kucharczyk@cent.uw.edu.pl*

Bezpieczeństwo danych w cyfrowym świecie opiera się głównie na rozwiązaniach programistycznych. Łączność kwantowa zyskuje znaczenie, zabezpieczając fizyczną warstwę komunikacji pomiędzy dwoma stronami, zwanymi Alicją i Bobem. Błędy wynikające z zaburzeń, spowodowanych przez szum oraz ataków podsłuchiwanca nazywanego Ewą, są naprawiane za pomocą kodów korekcji błędów. Szczególnym rodzajem wspomnianego protokołu jest optyczna dystrybucja klucza (OKD) [1], która – choć nie chroni przed wszystkimi atakami – posiada mniejsze wymagania implementacyjne.

Użyty model OKD [2] opiera się na transmisji sygnału optycznego z nadajnika Alicji, którego dwa natężenia wyrażone za pomocą średniej liczby fotonów n_0 i n_1 odpowiadają bitom $q_A = 0, 1$. Ze względu na dyfrakcję optyczną odbiorniki Boba i Ewy odbierają jedynie ułamek τ_B i τ_E sygnału. Model detekcji zakłada gaussowską postać rozrzutu wyników z wariancjami σ_B^2, σ_E^2 , odpowiednio u Boba i Ewy, którego statystyka znajduje się na Rysunku 1a. Sygnał optyczny modulowany binarnie jest twardo dekodowany przez Boba jako sekwencja bitów, dzięki ustaleniu punktów granicznych $-\kappa$ i κ , po przekroczeniu których wartość bitu wynosi odpowiednio 0 lub 1, w pozostałych przypadkach Bob informuje Alicję, by odrzucić dane zdarzenie. W rzeczywistości istnieje niskie prawdopodobieństwo, że wartość bitu uznana przez Boba jest nieprawidłowa, a błędy w surowym kluczu są naprawiane dzięki kodom LDPC (ang. low-density parity-check). Poziom błędów w kluczu implikuje wymaganą długość dodatkowej informacji k , na podstawie której możliwe jest idealne odcodowanie pierwotnej sekwencji o długości n . Zestaw posiada kody o różnych współczynnikach kodowania $r = 1 - k/n$, których użycie w odpowiednich przedziałach siły podsłuchu $R = (\tau_B \sigma_E)^2 / (\tau_E \sigma_B)^2$ pozwala uzyskać największą ilość poufnego klucza, co zostało zaprezentowane na Rysunku 1b. Optymalizacja głębokości modulacji δ_E pokazana na Rysunku 1c pozwala dodatkowo zwiększyć wydajność opisanego protokołu.



Rysunek 1: (a) Wyniki Boba, których rozrzut wynika z binarnej modulacji po stronie Alicji. (b) Optymalna ilość poufego klucza, osiągnięta odpowiednim kodem z zestawu (1/2; 2/3; 3/4), który jest w stanie poprawnie dekodować sekwencje bitów o błędach (9.5%; 5.5%; 3.9%). (c) Optymalna wartość głębokości modulacji $\delta_E = \delta_B/\sqrt{R}$ dla podanego zestawu kodów

Protokół OKD oparty na modulacji sygnału optycznego pozwala na generowanie bezpiecznych kluczy kryptograficznych. Wykorzystanie kodów korekcji błędów LDPC oraz optymalizacja głębokości modulacji sygnału przyczyniają się do skutecznej naprawy błędów, wynikających z optycznych zaburzeń i ataków Ewy.

Bibliografia

- [1] Ikuta T., Inoue K., Intensity modulation and direct detection quantum key distribution based on quantum noise, New J. Phys. 18, 013018 (2016).
- [2] Banaszek K., Jachura M., Kolenderski P., Lasota M., Optimization of intensity-modulation/direct-detection optical key distribution under passive eavesdropping, Opt. Express 29, 43091-43103 (2021).

Silne oddziaływanie elektron-fonon i przerwa nadprzewodząca w związku Heuslera ScAu_2Al

G. Kuderowicz, B. Wiendlocha

*Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej,
Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie,
ul. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail: gabriel.kuderowicz@fis.agh.edu.pl*

Związki Heuslera tworzą rodzinę z ponad tysiącem układów. Cieszą się dużym zainteresowaniem dzięki wielu różnorodnym własnościom fizycznym, na które można łatwo wpłynąć przez podstawienie chemiczne czy ciśnienie. Dotychczas nadprzewodnictwo zostało odkryte w około 30 związkach Heuslera. Te materiały są niskotemperaturowymi nadprzewodnikami, z temperaturami przejścia T_c poniżej 5.5 K, a mechanizmem parowania jest oddziaływanie elektron-fonon. Niedawno zbadany ScAu_2Al wykazał $T_c = 5.1$ K [1], która jest jedną z najwyższych pośród związków Heuslera. W celu lepszego zrozumienia nadprzewodnictwa w ScAu_2Al wykonaliśmy obliczenia *ab initio*. Zbadaliśmy strukturę elektronową, fononową i oddziaływania elektron-fonon korzystając z pakietu Quantum Espresso [2, 3] oraz obliczyliśmy przerwę nadprzewodzącą w ramach teorii funkcjonału gęstości dla nadprzewodników zaimplementowanej w Superconducting-Toolkit [4]. W odległości około 10 meV poniżej poziomu Fermiego występuje osobliwość van Hove, która zwiększa gęstość stanów. Stała sprzężenia elektron-fonon $\lambda = 1.25$ jest największa spośród wszystkich związków Heuslera i klasyfikuje ScAu_2Al w reżimie silnego sprzężenia. Uzyskana $T_c = 5.4$ K jest w dobrej zgodności z eksperymentem. Sprężenie spin-orbita znacznie zmienia strukturę elektronową i fononową. Po zniesieniu degeneracji płaskie pasma elektronowe oddalają się od poziomu Fermiego, a mody akustyczne na odcinku Γ -X zostają silnie zmiękczone. Obliczona przerwa nadprzewodząca wykazuje niewielką anizotropię.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane przez Narodowego Centrum Nauki z grantu 2017/26/E/ST3/00119 oraz dzięki przyznaniu zasobów obliczeniowych w infrastrukturze PL-Grid.

Bibliografia

- [1] Bag B. *et al.*, J. Phys. Condens. Matter 34, 195403 (2022).
- [2] Giannozzi P. *et al.*, J. Phys. Condens. Matter 21, 395502 (2009).
- [3] Giannozzi P. *et al.*, J. Phys. Condens. Matter 29, 465901 (2017).
- [4] Kawamura M. *et al.*, Phys. Rev. B 95, 054506 (2017).

Formowanie bimetalicznych stopów Fe-Ni oraz Co-Fe na powierzchni $(\text{La}, \text{Sr}, \text{Ce})(\text{Me}, \text{Ti})\text{O}_3$ za pomocą eksolucji z topotaktyczną wymianą jonów

K. Kujawska, W. Koliński, B. Bochentyn

*Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: beata.bochentyn@pg.edu.pl*

Jedną z metod, stosowanych w celu polepszenia zdolności katalitycznej materiałów, wykorzystywanych jako anody w tlenkowych ogniwach paliwowych typu SOFC, jest eksolucja metalicznych nanocząstek bezpośrednio z podłoża materiału macierzystego. Proces eksolucji zachodzi w warunkach redukcyjnych i umożliwia równomierne rozprzestrzenianie się cząstek, które pozostają związane z materiałem macierzystym. W porównaniu z monometalicznymi nanocząstkami niklu, nanometryczny stop Fe-Ni wykazuje wyższą aktywność, dłuższy czas funkcjonowania oraz zwiększoną tolerancję w obecności siarki [1]. Co więcej, stopy bimetaliczne wykazują znakomitą stabilność strukturalną oraz wysoką odporność na osadzanie się węgla [2].

Wśród metod, wykorzystywanych w celu formowania bimetalicznych stopów, można wyróżnić tak zwaną eksolucję z topotaktyczną wymianą jonów. W tej metodzie nanocząstki z wnętrza materiału macierzystego dyfundują na jego powierzchnię, natomiast jony materiału gościa, naniesionego na powierzchnię zajmują puste miejsca w sieci, wytworzone w trakcie eksolucji w strukturze materiału macierzystego [2]. Celem niniejszej pracy było sprawdzenie możliwości tworzenia się stopów Ni-Fe oraz Co-Fe poprzez eksolucję z topotaktyczną wymianą jonów w związkach $(\text{La}, \text{Sr}, \text{Ce})(\text{Ni}, \text{Ti})\text{O}_3$ oraz $(\text{La}, \text{Sr}, \text{Ce})(\text{Co}, \text{Ti})\text{O}_3$, nasączonych związkiem żelaza.

W tym celu jednofazowe związki o stechiometrii $\text{La}_{0.27}\text{Sr}_{0.54}\text{Ce}_{0.09}\text{Ni}_{0.05}\text{Ti}_{0.9}\text{O}_{3-\delta}$ oraz $\text{La}_{0.27}\text{Sr}_{0.54}\text{Ce}_{0.09}\text{Co}_{0.05}\text{Ti}_{0.9}\text{O}_{3-\delta}$ zostały wytworzone metodą Pechiniego. Z wytworzonych związków uformowano pastylki, a następnie nasączono je roztworem azotanu żelaza $\text{H}_2\text{O}/\text{EtOH}$ (90/10%) z dodatkiem β -cyklodekstryny, tak aby uzyskać przyrosty masowe w postaci 5, 10 i 15%. Przygotowane pastylki poddane zostały redukcji w suchym wodorze, w temperaturze 1200°C w celu zajścia procesu eksolucji z topotaktyczną wymianą jonów. Wysoka temperatura została wybrana w celu umożliwienia późniejszej analizy za pomocą XRD oraz EDS.

Stwierdzono, że metoda eksolucji z topotaktyczną wymianą jonów jest skutecznym sposobem na uzyskanie równomiernie rozłożonych cząstek stopów bimetalicznych na powierzchni związków na bazie perowskitu. Dalsze badania skupiać się będą na aspekcie wykorzystania wytworzonych materiałów jako anody do tlenkowych ogniw paliwowych typu SOFC.

Bibliografia

- [1] Joo S., Kwon O., Kim K., Kim S., Kim H., Shin J., Jeong H. Y., Sengodan S., Han J. W., Kim G., Nat. Commun. 10, 1-9 (2019).
- [2] Kim J. H., Kim J. K., Liu J., Curcio A., Jang J. S., Kim I. D., Ciucci F., Jung W. C., ACS Nano 15, 81-110 (2021).

Badania właściwości spektroskopowych genisteiny w jednorodnych środowiskach o różnej polarności oraz wodnych roztworach β -cyklodekstryn

W. Kujawski, K. Baranowska, M. Józefowicz

*Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki,
Uniwersytet Gdański,
ul. Wita Stwosza 57, 80-952 Gdańsk
e-mail: waldemar.kujawski@ug.edu.pl*

Genisteina, będąca izoflawonem z rodziny flawonoidów, jest związkiem organicznym na bazie którego produkowane są leki hamujące rozwój choroby Huntingtona oraz Alzheimerera [1, 2]. Ponadto, badania wskazują, że genisteina ma działania przeciwnowotworowe (zwłaszcza w przypadku nowotworów piersi, prostaty i jelita grubego), jak również przyczynia się do złagodzenia objawów menopauzy oraz wpływa na poprawę gęstości mineralnej kości [3, 4]. W procesie konstruowania nośników leków w postaci makrocyclicznych zespołów typu gospodarz-gość kluczową rolę odgrywają związki makrocycliczne, takie jak: cyklodekstryny, kukurbit[n]uryle, kaliksareny, których samoorganizacja umożliwia powstanie kompleksu inkluzyjnego.

W niniejszej pracy, za pomocą metod spektroskopii stacjonarnej ustalono ścieżki dezaktywacji elektronowo wzbudzonej molekuly genisteiny, w przypadku której obserwuje się zjawisko wewnątrzcząsteczkowego przeniesienia protonu w stanie wzbudzonym (Excited-State Intramolecular Proton Transfer – ESIPT) w rozpuszczalnikach o różnej polarności. Określono wpływ budowy przestrzennej związku makrocyclicznego - β -cyklodekstryny tj. wielkość wnęki i kształt na stabilność i aktywność zainkludowanego leku oraz strukturę supramolekularną powstałych kompleksów (sposób orientacji leku we wnęcie nośnika). Dodatkowo, przeprowadzone badania pozwoliły określić, jaką rolę w procesie kompleksowania pełnią międzycząsteczkowe oddziaływania uniwersalne (dipol-dipolowe), a jaką specyficzne (międzycząsteczkowe wiązania wodorowe).

Bibliografia

- [1] Pierzynowska K., Gaffke L., Hać A., Mantej J., Niedziałek N., Brokowska J., Węgrzyn G., Correction of Huntington's disease phenotype by genistein-induced autophagy in the cellular model, *Neuromolecular Med.* 20, 112-123 (2018).
- [2] Pierzynowska K., Podlacha M., Gaffke L., Majkutewicz I., Mantej J., Węgrzyn A., Osiadły M., Myślińska D., Węgrzyn G., Autophagy-dependent mechanism of genistein-mediated elimination of behavioral and biochemical defects in the rat model of sporadic Alzheimer's disease, *Neuropharmacology* 148, 332-346 (2019).
- [3] Gercel-Taylor C., Feitelson A. K., Taylor D. D., Inhibitory effect of genistein and daidzein on ovarian cancer cell growth, *Anticancer Res.* 24, 795-800 (2004).
- [4] Xian G. Y., Juriyati J., Wai L. K., Khairana H., Menon P. C., Genistein: A Review on its Anti-Inflammatory Properties, *Front Pharmacol.* 13, 820969 (2022).

Wpływ *in vitro* kombinacji promieniowania lasera półprzewodnikowego w podczerwieni o niskiej intensywności i diody LED na poziom biomarkerów stresu oksydacyjnego i hemolizę erytrocytów osób zdrowych i chorych na cukrzycę typu 2

N. Kurhaluk¹, V. Tomin², H. Tkaczenko¹

¹*Instytut Biologii,
Uniwersytet Pomorski w Słupsku*

²*Katedra Fizyki,
Instytut Nauk Ścisłych i Technicznych,
Uniwersytet Pomorski w Słupsku*

W niniejszym badaniu wykorzystano promieniowanie lasera półprzewodnikowego w podczerwieni o niskiej intensywności i diody LED do naświetlenia *in vitro* próbek osocza i erytrocytów pobranych od osób zdrowych i pacjentów z cukrzycą (*diabetes mellitus*, DM). Generowana długość fali lasera mieściła się w zakresie 0.85–0.89 nm z czasem trwania impulsu ~ 130 ns i częstotliwością powtarzania impulsów 50, 150, 600 i 1500 Hz, średnią mocą 0, 50 lub 100 mW, w zakresie czasowym 1–9 min dla różnych 30 kombinacji napromieniania. Oceniono poziomy substancji reagujących z kwasem 2-tiobarbiturowym (TBARS), aldehydowych i ketonowych pochodnych białek modyfikowanych oksydacyjnie (OMP), całkowitą aktywność antyoksydacyjną (TAC), kwasową oporność erytrocytów oraz aktywność głównych enzymów antyoksydacyjnych w próbkach erytrocytów i osocza po naświetleniu; więcej szczegółów w pracy Kurhaluk [1]. Promieniowanie laserem podczerwonym i światłem emitowanym przez czerwoną diodę LED zmniejszyły poziom peroksydacji lipidów w erytrocytach zarówno osób zdrowych, jak i pacjentów z cukrzycą. Zaobserwowano statystycznie istotne zmniejszenie poziomów TBARS i OMP oraz wzrost poziomu TAC przy gęstości energii lasera 34.39 i 68.79 J/cm², czemu towarzyszyło statystycznie istotne zmniejszenie aktywności katalazy zarówno u osób zdrowych, jak i chorych na cukrzycę. W wielu wariantach napromieniania laserowego i światła czerwonej diody LED zaobserwowano zmniejszenie odsetka hemolizowanych erytrocytów, co sugeruje, że protokoły terapii laserowej powinny uwzględniać płynność, częstotliwości i długości fal lasera przed rozpoczęciem leczenia, szczególnie u pacjentów z cukrzycą.

Bibliografia

- [1] Kurhaluk N., Tkachenko H., Tomin V., *In vitro* impact of a combination of red and infrared LEDs, infrared laser and magnetic field on biomarkers of oxidative stress and hemolysis of erythrocytes sampled from healthy individuals and diabetes patients, J. Photochem. Photobiol. B 242, 112685 (2023).

Badania stanów wzbudzonych cząstek o znaczeniu atmosferycznym i astrofizycznym techniką zderzeniowej spektroskopii elektronowej

M. Lachowicz, I. Linert

*Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk*

Elektronowa spektroskopia zderzeniowa pozwala na badanie stanów wzbudzonych atomów i molekuł, występujących w atmosferze Ziemi oraz atmosferach innych planet. Tradycyjne metody optyczne pomiaru widm pozwalają jedynie na obserwację stanów wzbudzonych dozwolonych w przejściach optycznych (stany singletowe). Technika zderzeniowej spektroskopii elektronowej umożliwia obserwację także stanów wzbudzonych, do których przejścia są wzbronione optycznymi regułami wyboru (stany trypletowe). Co więcej, można dobrać takie warunki pomiarowe, które będą sprzyjać obserwacji wybranych stanów singletowych lub trypletowych.

Rysunek 1 przedstawia schemat spektrometru elektronowego wraz z układem lokalnego pola magnetycznego do pomiarów dużych kątów rozproszenia do 180° włączenie. Monochromator wytwarza wiązkę elektronów o energii E_i , która rozpraszana jest na drobinach badanej molekuly w centrum zderzeń. Analizator rejestruje rozproszone elektrony o określonej energii końcowej pod wybranym kątem rozproszenia ϕ . W doświadczeniu mierzona jest strata energii elektronów w trakcie zderzenia z cząsteczkami, która jest energią wzbudzenia stanów wzbudzonych badanych molekuł.

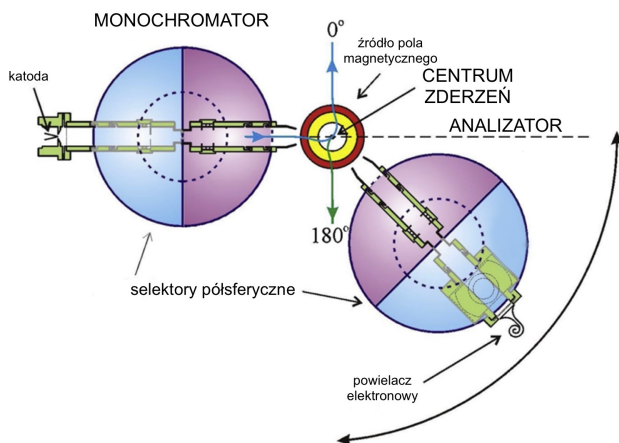
Rysunek 2 przedstawia widmo straty energii zmierzone w N_2 przy kącie rozproszenia 180° dla energii elektronów 15 eV. W widmie obserwuje się trzy stany trypletowe. Dopasowanie funkcjami Gaussa zmierzonego widma pozwala wyznaczyć względne natężenia poszczególnych stanów elektronów, a następnie ich różniczkowe przekroje czynne.

Podziękowania

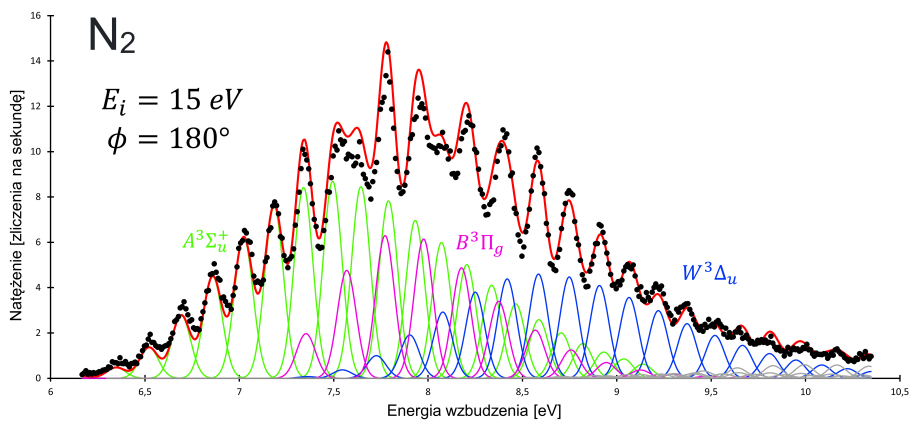
Eksperyment został przeprowadzony w Laboratorium Spektroskopii Układów Złożonych Politechniki Gdańskiej (core lab Uczelni Fahrenheita).

Bibliografia

- [1] Linert I., Zubek M., J. Electr. Spectr. Rel. Phenom. 233, 69 (2019).



Rysunek 1: Schemat spektrometru elektronowego znajdującego się w Laboratorium na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej [1]



Rysunek 2: Przykładowe widmo stanów trypletowych azotu molekularnego dla kąta 180°

Dwu-dynamika amorficznych przestrzeni fizycznych: fenomenologia komunikacji dźwiękowej i radiowej

H. Lasota

*Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki,
Politechnika Gdańska, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: henlasot@pg.edu.pl*

Zapisy matematyczne fal akustycznych i radiowych są podobne, lecz standardowe procedury ich wyprowadzania z mechanicznych właściwości płynów i elektromagnetycznych właściwości próżni są znacząco odmienne.

Opracowując materiały wykładowe do przedmiotu „Promieniowanie i propagacja fal” dla studentów specjalności Automatyka Obiektów Ruchomych (z konieczności „w pigułce”) autor ujednolicił podejście formalne, matematyczno-fizyczne, do obu klas zjawisk dynamicznych, zachodzących w amorficznych ośrodkach [1, 2].

W szczególności, standardowe wielkości pomiarowe stosowane w akustyce – ciśnienie p i prędkość cząstek $\mathbf{v}$, zostały powiązane z parametrami ośrodka propagacji – ściśliwością κ i gęstością ρ , w wyniku czego dynamika ośrodka została dodatkowo scharakteryzowana wielkościami fizycznymi – odkształceniem objętościowym s i pędem $\mathbf{g}$. W ten sposób problem został określony analogicznie jak w elektromagnetyce, gdzie standardowe powiązanie natężeń elektrycznego $\mathbf{E}$ i magnetycznego $\mathbf{H}$ z przenikalnościami elektryczną ϵ i magnetyczną μ , pozwala charakteryzować dynamikę ośrodka dielektrycznego wektorami strumieni indukcji elektrycznej $\mathbf{D}$ i magnetycznej $\mathbf{B}$.

Ujednolicono metodyka śledzenia współzależności i współdziałania zjawisk pozwoliła postawić w obu przypadkach tezę, że we wszelkim infinitezymalnym obszarze jednorodnego ośrodka bez granic ma miejsce kołowa (pętlowa) akcja przyczynowo-skutkowego sprzężenia zwrotnego, w której niejednorodność przestrzenna wielkości pomiarowej jednego rodzaju generuje dynamiczną zmianę wielkości fizycznej drugiego rodzaju. W każdym z czterech przypadków – obu akustycznych i obu elektromagnetycznych – imperatyw zachowania energii w obszarze powoduje wypchnięcie zjawiska nierównowagi z obszaru, w którym ono zachodzi, w tempie obserwowanym jako prędkość propagacji zanurzenia – prędkość fali dźwiękowej i prędkość fali radiowej. Owa nadmiarowa energia jest inherentnie stowarzyszona z mechanicznym pędem, nie tylko w fali elektromagnetycznej, jak to jest standardowo uznane, ale i w fali akustycznej, w której ten aspekt nie jest dostrzegany.

Powyższy rezultat każe na nowo przemyśleć rolę fizyczności przestrzeni, w której operują fale elektromagnetyczne oraz kwestię jednoznaczności strzałki czasu.

Bibliografia

- [1] Lasota H., Local dynamics of fluids and dielectrics as the foundation of signal-carrying wave properties, Forum Acusticum, Kraków 2014, pp. R16_6, doi: 10.13140/RG.2.1.3232.3608.
- [2] Lasota H., Kinedynamics of spherical wavefields in fluid and dielectric continua, 2016 XXist International Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory (DIPED), Tbilisi, Georgia, 2016, pp. 138-141, doi: 10.1109/DIPED.2016.7772237.

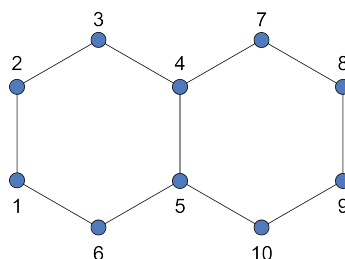
Korelacje kwantowe w heksagonalnym układzie kubitowym

W. Leoński, J. K. Kalaga

*Zakład Optyki i Inżynierii Kwantowej,
Instytut Fizyki, Uniwersytet Zielonogórski,
ul. Szafrana 4a, 65-516 Zielona Góra
e-mail: w.leonski@if.uz.zgora.pl*

Zdolność układu do wytwarzania stanów maksymalnie lub prawie maksymalnie splątanych ma kluczowe znaczenie dla rozwoju teorii informacji kwantowej i jej zastosowań. Stany takie są zazwyczaj stosowane w komunikacji kwantowej, kryptografii kwantowej lub zagadnieniach związanych z obliczeniami kwantowymi.

Ostatnie doniesienia dotyczące atomów pułapkowanych w sieciach optycznych, pozwalających na wytwarzanie sieci ultrazimnych fermionów atomowych [1], dają nadzieję na stworzenie nowych układów kubitowych umożliwiających wytwarzanie różnych form korelacji kwantowych. W tym komunikacie proponujemy model dziesięciu kubitów fermionowych takiego typu jako źródło stanów maksymalnie splątanych. Pułapkowane kubity (spinów) oddziałują ze sobą, tworząc strukturę dwóch połączonych ze sobą sześciokątów, gdzie dwa z kubitów są wspólne dla obu sześciokątów (Rysunek 1). Dodatkowo, układ znajduje się w zewnętrznym polu magnetycznym. Dla takiego układu omawiamy wpływ oddziaływania pomiędzy spinami na generowanie stanów splątanych. Analizując czasowe ewolucje wielkości opisujących stopień splątania [2, 3], pokazujemy, że wydajność tworzenia stanów splątanych silnie zależy od stanu, w jakim układ znajduje się w chwili początkowej oraz od siły oddziaływania międzyspinowego.



Rysunek 1: Schemat heksagonalnego układu 10-u pułapkowanych kubitów fermionowych. Kółka przedstawiają pojedyncze kubity, a odcinki reprezentują oddziaływanie pomiędzy nimi

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane ze środków Ministra Edukacji i Nauki pod nazwą „Regionalna Inicjatywa Doskonałości” w latach 2019-2023, 003/RID/2018/19, kwota finansowania 11 936 596,10 zł.

Bibliografia

- [1] Hernández Yanes T., Płodzień M., Mackoīt Sinkevičienė M., Žlabys G., Juzeliūnas G., Witkowska E., Phys. Rev. Lett. 129, 090403 (2022).
- [2] Hill S., Wootters W. K., Phys. Rev. Lett. 78, 5022 (1997).
- [3] Wootters W. K., Phys. Rev. Lett. 80, 2245 (1998).

Nietypowe właściwości elektryczne niskotemperaturowych przewodników protonowych

P. Ławniczak¹, S. Zięba¹, A. Dubis², A. Gzella³,
B. Hilczer¹, A. Łapiński¹

¹*Instytut Fizyki Molekularnej
Polskiej Akademii Nauk,
ul. Mariana Smoluchowskiego 17, 60-179, Poznań*

²*Wydział Chemii,
Uniwersytet w Białymstoku,
ul. Konstantego Ciołkowskiego 1K, 15-245 Białystok*

³*Katedra Chemii Organicznej,
Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu,
ul. Fredry 10, 61-701 Poznań
e-mail: lawniczak@ifmpan.poznan.pl*

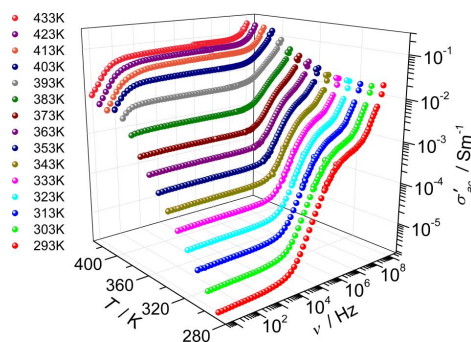
Przewodniki protonowe należą do bardzo interesującej grupy przewodników jonowych. W ostatnich latach, ze względu na konieczność odejścia od kopalnych źródeł energii i zastąpienie ich nowymi, przyjaznymi środowisku technologiami, prace nad przewodnikami protonowymi są jeszcze bardziej intensywne. Materiały te znajdują zastosowanie w takich urządzeniach, jak przewodzące protonowo ogniwa paliwowe bądź elektrolizery wody [1, 2]. Pomimo intensywnych prac dotyczących zastosowań, badania podstawowych właściwości przewodników są ciągle wymagane, ponieważ przynoszą wiele interesujących i ważnych informacji o zjawiskach, związanych między innymi z migracją protonów.

W tym wystąpieniu przedstawimy właściwości elektryczne, w szczególności widma przewodnictwa elektrycznego, dwóch rodzajów niskotemperaturowych przewodników protonowych, to jest takich, które maksimum przewodnictwa elektrycznego osiągają do temperatury ok. 200°C.

Pierwszą grupę stanowią materiały organiczne, bazujące na kwasach karboksylowych oraz molekułach heterocyklicznych. Od wielu lat wiadomo, że molekuły heterocykliczne jak np. imidazol stanowią alternatywę dla wody w procesie transportu ładunku elektrycznego w materiałach krystalicznych [3, 4]. Jednocześnie, w większości badanych związków, wraz ze wzrostem temperatury obserwujemy liniowy wzrost wartości przewodnictwa elektrycznego, zgodnie z równaniem Arrheniusa. W naszych układach, powstałych w wyniku połączenia imidazolu z kwasami dikarboksylowymi [5, 6] oraz trikarboksylowymi [7, 8], obserwujemy odstępstwo od tego prostego liniowego przebiegu. W przypadku malonianu imidazoliowego, ze względów strukturalnych, można rozróżnić dwa rodzaje imidazolu. Jeden z nich, strukturalnie nieuporządkowany, ma znaczący wpływ na właściwości elektryczne [5, 6]. Dodatkowo, widoczny jest wpływ polikrystaliczności próbki na widma przewodnictwa elektrycznego [5].

Dla układów z kwasami trikarboksylowymi obserwujemy dodatkowe efekty, związane z występowaniem trzech grup karboksylowych które wpływają na właściwości elektryczne, jak np. małe zmiany strukturalne związane z powstaniem wody, która stanowi dodatkowy rezerwuuar nośników ładunku [7].

Drugą grupą omawianych materiałów są przewodniki superprotonowe, w których występuje strukturalna przemiana fazowa, której towarzyszy skokowy wzrost wartości przewodnictwa elektrycznego [9, 10]. Rysunek 1 przedstawia w jaki sposób objawia się w zależnościach częstotliwościowych przewodnictwa elektrycznego dodatkowy wkład od grup amonowych, posiadających moment dipolowy, ale nie uczestniczących w procesie dalekozasięgowego transportu ładunku [9].



Rysunek 1: Zależność częstotliwościowa przewodnictwa elektrycznego dla przewodnika superprotonowego $(\text{NH}_4)_3\text{H}(\text{SO}_4)_2$. Badania wykonane w zakresie częstotliwości od 1 Hz do 1 GHz. Na podstawie [9]

Używając skalowania widm przewodnictwa elektrycznego [11] można zauważyć, że proces odpowiedzialny za przenoszenie ładunku jest taki sam w całym zakresie temperatur i wyodrębnić „wkład” od grup amonowych.

Podziękowania

Praca naukowa częściowo (S. Zięba) finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2020-2023, jako projekt badawczy w ramach PRELUDIUM-18 Narodowego Centrum Nauki, nr. rej. 2019/35/N/ST5/03324.

Bibliografia

- [1] Colomban P., Solid State Ion. 334, 125 (2019).
- [2] Meng Y., Gao J., Zhao Z., Amoroso J., Tong J., Brinkman K. S., J. Mater. Sci. 54, 9291 (2019).
- [3] Kreuer K. D., Fuchs A., Ise M., Spaeth M., Maier J., Electrochim. Acta 43, 1281 (1998).
- [4] MacDonald J. C., Dorrestein P. C., Pilley M. M., Cryst. Growth Des. 1, 29 (2001).
- [5] Ławniczak P., Pogorzelec-Glaser K., Pietraszko A., Hilczek B., Solid State Ion. 306, 25 (2017).
- [6] Ławniczak P., Pogorzelec-Glaser K., Pietraszko A., Hilczek B., Acta Crystallogr. B 77, 31 (2021).
- [7] Zięba S., Dubis A., Ławniczak P., Gzella A., Pogorzelec-Glaser K., Łapiński A., Electrochim. Acta 306, 575 (2019).
- [8] Zięba S., Piotrowska A., Mizera A., Ławniczak P., Markiewicz K., Gzella A., Dubis A., Łapiński A., Molecules 26, 4657 (2021).
- [9] Ławniczak P., Zdanowska-Frączek M., Lindner Ł., Pawłowski A., Phys. Chem. Chem. Phys. 21, 6051 (2019).
- [10] Ławniczak P., Pawłowski A., Pawlaczyk Cz., J. Phys. Condens. Matter. 31, 375401 (2019).
- [11] Summerfield S., Philos. Mag. A. 52, 9 (1985).

Eksperymentalne badania dynamiki układu trzech nukleonów w reakcji rozbitcia deuteronu wywołanej protonem o energii 108 MeV

A. Łobejko^{1,2}

¹*Instytut Fizyki Doświadczalnej,
Uniwersytet Gdański,
ul. Wita Stwosza 57, 80-308 Gdańsk*

²*Instytut Fizyki,
Uniwersytet Śląski,
ul. 75 Pułku Piechoty 1, 41-500 Chorzów
e-mail: angelina.lobejko@ug.edu.pl*

Badania układów kilku nukleonów stanowią podstawę do zrozumienia oddziaływań jądrowych i własności jąder atomowych. Najnowsze obliczenia teoretyczne dla układów trójnukleonowych powinny być skonfrontowane z bogatym zestawem danych eksperymentalnych.

W tym celu w CCB (Centrum Cyklotronowe Bronowice) IFJ PAN Kraków zainstalowano system detekcji BINA (Big Instrument for Nuclear-polarization Analysis) [1], który został zaprojektowany do badania reakcji w układach kilku nukleonów przy pośrednich energiach. Składa się on z układu ciekłej tarczy oraz detektorów, pokrywających prawie pełen kąt bryłowy 4π , co w połączeniu z niskim progiem detekcji umożliwia badanie znacznej części przestrzeni fazowej tych reakcji [2, 3].

Została wykonana analiza danych, które uzyskano podczas pierwszego w CCB eksperymentu, badającego rozbitcie deuteronu indukowane protonem przy energii wiązki 108 MeV. Dane zostały znormalizowane do znanego przekroju czynnego na sprężyste rozpraszanie proton-deuteron [4]. Wartości różniczkowego przekroju czynnego wyznaczono dla zestawu ponad 80 konfiguracji kinematycznych par protonów, zarejestrowanych w przedniej części detektora BINA. Porównanie wyników z obliczeniami teoretycznymi pozwala na prześledzenie roli siły trójnukleonowej i efektów kulombowskich.

Bibliografia

- [1] Łobejko A. *et al.*, Acta Phys. Pol. B. 50, 361-366 (2019).
- [2] Kistryn St., Stephan E., J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 40, 063101 (2013).
- [3] Ramazani-Moghaddam-Arani A. *et al.*, Phys. Rev. C 78, 014006 (2008).
- [4] Ermisch K. *et al.*, Phys. Rev. C 68, 051001 (2005).

Wpływ AlF_3 oraz KF na właściwości luminescencyjne szkieł fosforanowych domieszkowanych Eu^{3+}

M. Maciejewski¹, K. Milewska¹, A. Synak²,
W. Sadowski¹, B. Kościelska¹

¹*Instytut Nanotechnologii i Inżynierii Materiałowej,
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk*

²*Instytut Fizyki Doświadczalnej,
Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki, Uniwersytet Gdański,
ul. Wita Stwosza 57/246, 80-952 Gdańsk
e-mail: michal.maciejewski@pg.edu.pl*

Niskie koszty produkcji, uniwersalność i trwałość wyznaczają kierunek rozwoju materiałów stosowanych w oświetleniu półprzewodnikowym, na które w ostatniej dekadzie obserwuje się znaczny wzrost zapotrzebowania [1]. Duży potencjał w tej dziedzinie mają materiały amorficzne domieszkowane jonami metali ziem rzadkich, w szczególności szkła fosforanowe. Te, stabilizowane tlenkami metali ciężkich charakteryzują się wyjątkową rozpuszczalnością modyfikatorów i pierwiastków ziem rzadkich, dobrą odpornością chemiczną oraz małymi szerokościami pasm fluorescencji [2]. Zastosowanie szkieł jako matrycy optycznej jest doskonałą odpowiedzią na problem stabilności termicznej komercyjnie stosowanych enkapsulantów i luminoforów. Dodatek fluorków pozwala ponadto uzyskać materiały optyczne o niższej energii fononów, wysokiej przezroczystości dla światła UV i wysokich wydajnościach kwantowych, co czyni je obiecującymi kandydatami na trwałe luminofory w diodach LED [3].

Wykorzystując metodę odlewania z kontrolowanym tempem chłodzenia otrzymano serię szkieł fosforanowych o nominalnym składzie $\text{P}_2\text{O}_5\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O-Nb}_2\text{O}_5\text{-X}$ ($\text{X} = 5, 10, 15 \text{ \% mol AlF}_3, \text{KF}$), domieszkowanych $0.5 \text{ \% mol Eu}$. Uzyskane szkła scharakteryzowano strukturalnie za pomocą pomiarów XRD i FT-IR. Pomiary DTA przeprowadzono w celu określenia właściwości termicznych. Wpływ fluorków na luminescencję jonów Eu^{3+} analizowano na podstawie widm emisji luminescencji przy wzbudzeniu światłem UV oraz spektroskopii UV-Vis.

Na podstawie przeprowadzonych badań zaobserwowano istotne zmiany właściwości luminescencyjnych wraz z wprowadzeniem zmiennej zawartości fluorków.

Bibliografia

- [1] Zissis G., Bertoldi P., Ribeiro Serrenho T., Update on the Status of LED-Lighting world market since 2018, EUR 30500 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg 2021.
- [2] Muñoz F., Rocherullé J., Ahmed I., Hu L., Phosphate Glasses. In: Musgraves J. D., Hu J., Calvez L. (eds), Springer Handbook of Glass, Springer Handbooks, Springer 2019.
- [3] Galleani G., Santagneli S. H., Messaddeq Y., De Oliveira M., Eckert H., Phys. Chem. Chem. Phys. 19, 21612 (2017).

An Investigation of Oxygen Tunnels in the 15LOX-1/PEBP1 Complex, a Trigger of the Ferroptotic Cell Death Signal

T. Manivarma, W. Nowak, K. Mikulska-Rumińska

*Faculty of Physics, Astronomy and Informatics,
Nicolaus Copernicus University in Torun, Poland
e-mail: thiliban@doktorant.umk.pl*

Ferroptosis is a regulated cell death program induced by unbalanced regulation of one out of three major metabolic pathways involving iron, thiols, or lipids. It differs from other forms of cell death, such as apoptosis or necroptosis. Ferroptosis involves cellular, organelle and cytoplasmic swelling and the loss of plasma membrane integrity. This process is associated with multiple diseases including neurodegenerative diseases, cardiovascular disease, cancer, lung diseases, *etc.* [1]. Both enzymatic and non-enzymatic mechanisms are involved in that process. In the enzymatic form, a protein complex composed of lipoxygenase (15LOX-1) and PE-binding protein 1 (PEBP1) activates ferroptosis [2]. An important aspect of 15LOX catalysis is the Fe-driven abstraction of hydrogen from carbon in a bis-allylic position, followed by a carbon-centered radical, which then undergoes the addition of oxygen molecules resulting in 15-HpETE-PE [2]. Those molecules are denoted as a ferroptotic cell death signal. The full understanding of where the oxygen tunnels are located or where the oxygen molecules are concentrated during the catalytic reaction is still elusive. Here we use extensive all-atom molecular dynamics simulations of the human 15LOX-1/PEBP1 complex to show accessible oxygen tunnels of this enzymatic complex immersed in the lipid bilayer. We will present comprehensive and mechanistic insights on oxygen tunnels in this complex.

Acknowledgement

This work was supported by National Science Centre, Poland (2019/35/D/ST4/02203).

References

- [1] Li J. *et al.*, Cell Death Dis. 11, 88 (2020).
- [2] Wenzel S. E. *et al.*, Cell 171, 628-641.e26 (2017).

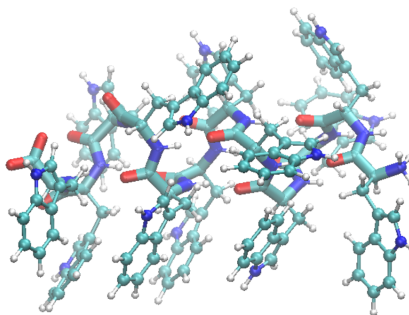
Przewidywanie właściwości kryształów politryptofanu

Ł. Mioduszeński

*Wydział Matematyczno-Przyrodniczy,
Szkoła Nauk Ścisłych UKSW,
ul. Wóycickiego 1/3, budynek 21, 01-938 Warszawa
e-mail: l.mioduszeński@uksw.edu.pl*

Polimery zawierające aromatyczne grupy boczne mogą wykazywać warte uwagi właściwości transportowe, spekuluje się nawet o ich nadprzewodnictwie [1]. Jednym z takich polimerów jest politryptofan. Wygenerowałem przy użyciu programu PEP-Fold [2] położenia atomów w łańcuchu politryptofanu, składającym się z 12 aminokwasów (patrz Rysunek 1) przy założeniu, że struktura drugorzędowa tego peptydu to alfa-helisa (właśnie taka struktura wykazuje nietrywialne mechanizmy przewodnictwa [3]).

Politryptofan nie został jeszcze skryształizowany, jednak przy użyciu struktury pojedynczego łańcucha można przewidzieć strukturę hipotetycznego kryształu tego peptydu [4]. Struktura taka może następnie posłużyć do obliczeń DFT w celu przewidzenia właściwości transportowych.



Rysunek 1: Wygenerowana komputerowo [2] struktura łańcucha politryptofanu składającego się z 12 aminokwasów. Atomy pokolorowane są wg schematu CPK. Łańcuch główny został pogrubiony

Bibliografia

- [1] Little W. A., Possibility of Synthesizing an Organic Superconductor, *Phys. Rev.* 134, A1416 (1964).
- [2] Shen Y., Maupetit J., Derreumaux P., Tufféry P., Improved PEP-FOLD approach for peptide and miniprotein structure prediction, *J. Chem. Theor. Comput.* 10, 4745-4758 (2014).
- [3] Čevizović D. *et al.*, Charge transport in the α -helix proteins, *J. Phys.: Conf. Ser.* 248, 012051 (2010).
- [4] Nikhar R., Szalewicz K., Reliable crystal structure predictions from first principles, *Nat. Commun.* 13, 3095 (2022).

Dominanty i mechanizmy kawitacyjnego niszczenia ciał stałych – o możliwości efektywnego przewidywania przebiegu procesu

M. Noińska-Macińska, B. G. Gireń

*Instytut Informatyki i Mechatroniki,
Wyższa Szkoła Gospodarki,
ul. Garbary 2, 85-229 Bydgoszcz,
e-mail: marzena.noinska@byd.pl*

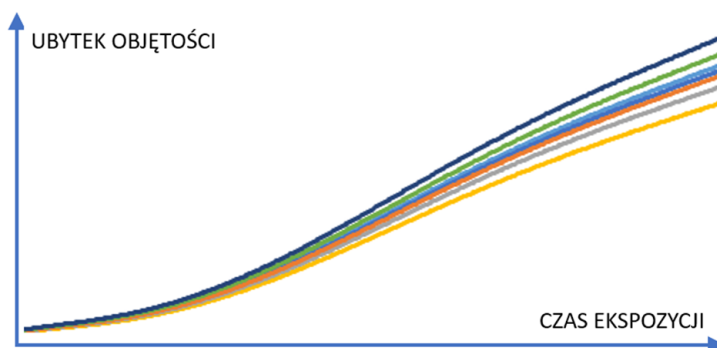
Przewidywanie przebiegu niszczenia ciała, poddanego działaniu obciążeń kawitacyjnych jest problemem wciąż nierozwiązanym – ze względu na dynamikę i złożoność procesu. W niniejszej pracy przedstawiono czasowy i przestrzenny model erozji kawitacyjnej materiałów elasto-plastycznych, erozji zachodzącej pod wpływem impulsów z zadanego rozkładu obciążeń. Dyskusja niektórych aspektów procesu i proponowanego ujęcia problemu została przedstawiona we wcześniejszych pracach analitycznych, np. [1-3].

Zaproponowano zależności procesowe, w których uwzględniono zarówno odkształcenia plastyczne, jak i propagację pęknięć w warstwach wierzchnich materiału. Przyjęto założenie, że niszczone ciało stanowi kontinuum opisane przez parametry fizyczne i wytrzymałościowe, charakteryzujące materiał w warunkach oddziaływań dynamicznych, przy zachowaniu specyfiki procesu. Dodatkowe parametry fenomenologiczne: geometryczne i stałe rozkładu, wprowadzone do modelu w celu zamknięcia opisu lub jako zależności dopełniające mają znaczenie drugorzędne i nie wpływają istotnie na zbieżność rezultatów obliczeń. Zmiana stanu lokalnych naprężeń i rozwój pęknięć w określonym obszarze oddziaływania związane zostały z przekazywaniem energii impulsu. Założono, że zmienność kierunku rozwoju płaszczyzny pęknięcia zachodzi wyłącznie wskutek plastycznej modyfikacji geometrii elementu obciążanego. W procedurze obliczeniowej aktualizowany jest chwilowy obraz struktury przestrzennej wraz z rozkładem pęknięć w warstwie wierzchniej i ustalane prawdopodobieństwo dezintegracji fragmentów ciała.

Losowy wybór obciążeń i miejsca interakcji, wraz z odpowiednią modyfikacją i aktualizacją stanu materiału i morfologii powierzchni prowadzą do uzyskania różnych realizacji procesu (Rysunek 1).

Implementacja numeryczna modelu wraz ze zbiorem stosownych danych materiałowych oraz danych, odnoszących się do widmowych rozkładów obciążeń stanowi narzędzie, służące do precyzyjnego ilościowego przewidywania przebiegu procesu erozji.

Analiza założeń modelowych oraz rezultatów obliczeń, uzyskiwanych dla różnych uwarunkowań procesowych pozwala wyjaśnić wiele kwestii, dotyczących osobliwości obserwowanych doświadczalnie charakterystyk procesu niszczenia ciał należących do różnych grup materiałowych.



Rysunek 1: Zintegrowany rezultat obliczeń dla arbitralnie przyjętych warunków niszczenia modelowego materiału. Poszczególne krzywe są różnymi realizacjami procesu

Bibliografia

- [1] Gireń B. G., Noińska-Macińska M., Cavitation erosion of the blades in Banki-Michel turbine. Observations and some aspects of the process simulation, *Eksplotacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability* 16, 526-532 (2014).
- [2] Gireń B. G., Noińska-Macińska M., Method for prediction of cavitation erosion performance in hydro-turbines based on the two-parameter phenomenological model, *Eco-Energetics: technologies, environment, law and economy* 1, 12-32 (2018).
- [3] Gireń B. G., Noińska-Macińska M., Cavitation erosion regimes – an attempt of deriving classification predictor, *Transactions of the Institute of Fluid Flow Machinery* 132, 1-13 (2016).

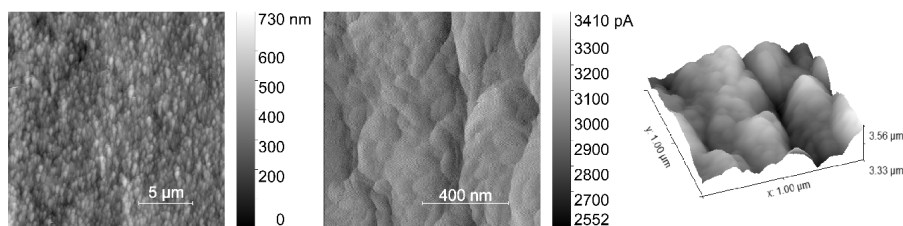
Tunneling Between Loaded Granules in V_2O_5 - TeO_2 Glass-Ceramic

P. Okoczuk, N. Wójcik, L. Murawski, L. Wicikowski, B. Kościelska

*Instytut Nanotechnologii i Inżynierii Materiałowej,
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: piotr.okoczuk@pg.edu.pl*

Szkło-ceramika wanadowo-tellurowa, będąca wynikiem krystalizacji szkła wanadowo-tellurowego, od długiego czasu wzbudza zainteresowanie naukowców z powodu swoich unikalnych właściwości przewodzących oraz możliwości niskotemperaturowej obróbki [1]. Kontrola i pełne zrozumienie procesu krystalizacji w tych materiałach może otworzyć nowe perspektywy dla zastosowań w dziedzinie energii i elektroniki [2].

W naszej pracy skupiono się na analizie procesu krystalizacji w szkło-ceramikach wanadowo-tellurowych w zależności od temperatury spiekania oraz jego wpływie na przewodnictwo elektryczne. Z użyciem obrazowania AFM (Rysunek 1) przeanalizowano zmiany w mikrostrukturze pod wpływem krystalizacji oraz ich konsekwencje dla właściwości elektrycznych, stosując model przewodnictwa tunelowania między naładowanymi granulami dielektrycznych krystalitów.



Rysunek 1: Obrazy AFM przekroju szkło-ceramiki wanadowo-tellurowej spieczonej w temperaturze 270°C

Bibliografia

- [1] Murawski L., Electronic cond in oxide glasses, Polish Ceramic Bulletin 5, 111-122 (1993).
- [2] Pietrzak T. K., Michalski P. P., Kruk P. E., Ślubowska W., Szlachta K., Duda P., Nowiński J. L., Wasiucionek M., Garbarczyk J. E., Nature of electronic conductivity in olivine-like glasses and nanomaterials of Li_2O - FeO - V_2O_5 - P_2O_5 system, Solid State Ion. 302, 45-48 (2017).

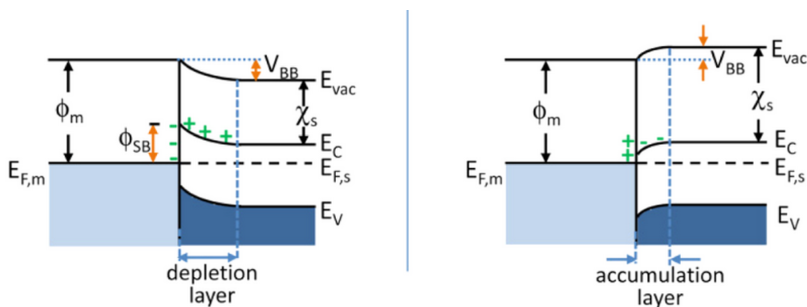
Alternatywa dla modelu zagiętych pasm dla elektrochemii i fotowoltaiki oparta na formalizmie Landauera

A. Olejnik^{1,2}, R. Bogdanowicz¹

¹Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

²Ośrodek Techniki Plazmowej i Laserowej,
Instytut Maszyn Przepływowych
Polskiej Akademii Nauk,
ul. Fiszerza 14, 80-231 Gdańsk
e-mail: aolejnik@imp.gda.pl

W różnych dziedzinach nauki takich jak elektrochemia, fotowoltaika i niektóre działy elektroniki do opisu struktury elektronowej złącz stosowany jest tzw. model zagiętych pasm (BB = Band Bending). Został on zaproponowany przez Motta w latach 30-tych [1, 2] i w założeniu miał wyjaśniać zjawiska, zachodzące na interfejsach ciał stałych metalicznych i półprzewodnikowych. Dla wielu prostych układów wykazuje wartość predykcijną w przypadku takich zjawisk jak powstawanie bariery Schottky'ego i warstwy zubożonej czy też generacji wolnych nośników ładunku pod wpływem absorpcji fotonu [3]. Typowy schemat modelu zagiętych pasm przedstawiono na Rysunku 1.

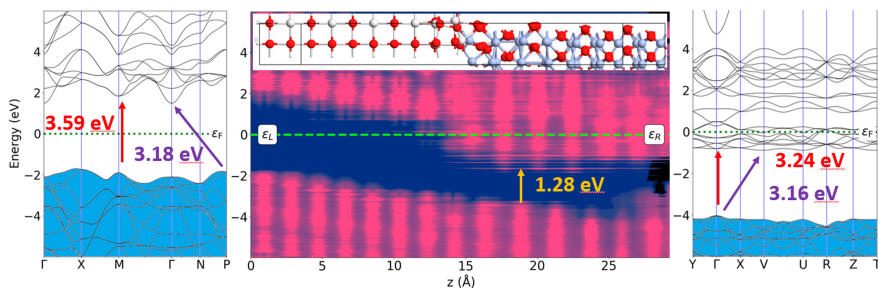


Rysunek 1: Standardowy schemat modelu zagiętych pasm (BB) dla złącza metal-półprzewodnik typu n [3]

Model BB ma jednak szereg wad, z czego kluczową jest fundamentalna niezgodność z podstawami mechaniki kwantowej (QM). W szczególności jednoelektronowy poziom energetyczny nie powinien zależeć od położenia jako wartość własna hamiltonianu, co jest istotą modelu BB. Ma on też znaczące ograniczenia w praktycznym stosowaniu,

gdy badany system staje się bardziej złożony niż klasyczne złącza metal-metal lub metal-półprzewodnik. Jako przykłady rozbieżności między predykcjami modelu, a empirią można wymienić np. zjawiska zapisu/odczytu w układach memrystorowych [4] lub procesy redox w układach elektrochemicznych [5].

W niniejszym wystąpieniu przedstawiam alternatywne dla BB podejście do opisu struktury elektronowej złącz między dwoma materiałami, wykorzystujące metodę nierównowagowych funkcji Greena (NEGF = Non-Equilibrium Green's Functions) i formalizm Landauera. W skrócie polega ona na wyznaczeniu orbitali molekularnych na podstawie struktury materiałów budujących złącze, a następnie wyliczenie gęstości stanów i odpowiadających im współczynników transmisji elektronu. Następnie możliwe jest stworzenie wykresów gęstości stanów, rzutowanych na przestrzeń rzeczywistą (PLDOS = Projected Local Density of States), które obrazują zmiany struktury elektronowej w funkcji położenia. Przykład takiego wykresu zamieszczono na Rysunku 2.



Rysunek 2: Wykres PLDOS wyliczony dla złącza $\text{TiO}_2 \mid \text{Cr}_2\text{O}_3$ oraz odpowiadające struktury pasmowe obu tlenków [5]

W przeciwieństwie do BB, proponowane podejście nie wchodzi w sprzeczność z podstawami QM oraz uwzględnia bezpośrednio chemizm powierzchni, w tym wpływ oddziaływań niekowalencyjnych. Dodatkowo, kształty wykresów PLDOS dla różnych układów półprzewodnikowych np. $\text{TiO}_2 \mid \text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{TiO}_2 \mid \text{MoO}_3$, $\text{TiO}_2 \mid \text{WO}_3$ nie odpowiadają predykcjom modelu zagiętych pasm, jednocześnie umożliwiając lepszy opis zjawisk obserwowanych w eksperymentach fotoelektrochemicznych [5].

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki (Diamentowy Grant Di2019 017649).

Bibliografia

- [1] Mott N. F., Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences 171, 944 (1939).
- [2] Mott N. F., Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences 171, 946 (1939).
- [3] Zhen Z., Yates Jr. J. T., Chemical Reviews 112, 10 (2012).
- [4] Sundar K., Somodi C. B., Lalk R. A., Rutherford B. X., Corey Z., Roy P., Zhang D., Hellenbrand M., Xiao M., ManManus-Driscoll J. L., Jia Q., Wang H., Yang J. J., Nie W., Chen A., Advanced Electronic Materials 9, 2370004 (2023).
- [5] Haryński Ł., Olejnik A., Karczewski J., Ryl J., Grochowska K., Siuzdak K., Optical Materials 134, 113183 (2022).

Badanie struktury nanoprętów złota syntezowanych metodą *seedless growth technique*

G. Opila¹, A. Pietrzyk², J. Przewoźnik¹

¹ Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej,
Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie,
al. Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

² Wydział Chemii,
Uniwersytet Jagielloński,
ul. Gronostajowa 2, 30-387 Kraków
e-mail: gopila@agh.edu.pl

Nanopręty złota to materiał o potencjalnych zastosowaniach w medycynie i technologii. Jedną z ich najbardziej atrakcyjnych własności jest to, że wykazują one tak zwany zlokalizowany rezonans plazmonów powierzchniowych (*Localised Surface Plasmon Resonance*, w skrócie LSPR). Rezonans ten polega na kolektywnej oscylacji elektronów z pasma przewodnictwa, która powstaje w wyniku oddziaływania światła z tymi elektronami. Zjawisko to zależy od kształtu i rozmiaru nanocząstek, jak również od wartości stałej dielektrycznej medium, w którym zawieszone są nanocząstki i stałej dielektrycznej metalu (oprócz nanocząstek złota, znane z wykazywania LSPR są również nanocząstki srebra).

Rozmiar nanocząstek ma znaczenie nie tylko ze względu na LSPR, ale także z uwagi na możliwość enkapsulowania. Nanocząstki złota o dostatecznie małych rozmiarach można umieszczać w kapsułach, które następnie kierowane mogą być do odpowiednich części ciała pacjenta i poddawane działaniu określonej długości fali światła, w celu wywołania LSPR i przykładowo doprowadzenia do stanu hipertermii, względnie przerwania ciągłości kapsuły i uwolnienia zawartej w niej substancji.

Aby nanopręty złota wykazywały pożądane właściwości, muszą one mieć odpowiedni rozmiar i proporcję długości do grubości, co w przypadku *seedless growth technique* osiągnąć można poprzez w którym odbywa się wzrost, odpowiedniej, niewielkiej ilości srebra. Dla optymalnych rozmiarów, konieczne może być powtarzanie syntez w pewnym zakresie stężeń substratów i warunków reakcji.

Jednym ze sposobów określania rozmiarów krystalitów jest dyfraktometria rentgenowska (ang. *X-Ray Diffraction*, XRD). Wybrane próbki nanoprętów, syntezowane przy różnych proporcjach odczynników, poddano badaniu tą techniką. Rozmiary nanoprętów określono przy użyciu równania Scherrera oraz poprzez sporządzenie wykresów Williamsona Halla. Ponadto wykonano też analizę skaningowym mikroskopem transmisyjnym (STEM). Stwierdzono, że kształt i rozmiar badanych nanocząstek są zgodne z oczekiwanymi (ok. 20-30 nm długości i ok. 6-8 nm grubości). Dzięki dyfraktometrii rentgenowskiej można ponadto zbadać fazowy skład substancji. W ten

sposób określono, na ile czyste nanoprety uzyskano, a na ile substancje wykorzystywane podczas syntezy wbudowały się w materiał – wykryto pozostałości substancji organicznych, wykorzystywanych w syntezie, jak również ślady związków srebra ze złotem.

Bibliografia

- [1] Ali M. R. K., Snyder B., El-Sayed M. A., *Langmuir* 28, 9807-9815 (2012).

Wykorzystanie głębokich spłotowych sieci neuronowych do rekonstrukcji emisyjności plazmy w urządzeniach fuzyjnych

R. Osadnik¹, M. Koruszowicz¹, G. Andrzejewski¹,
P. Syty², K. Malinowski³

¹ *Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk*

² *Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk*

³ *Zakład Fizyki Jądrowej i Spektroskopii Plazmy,
Instytut Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy,
ul. Hery 23, 01-497 Warszawa
e-mail: pawel.syty@pg.edu.pl*

Głębokie spłotowe (zwane też konwolucyjnymi) sieci neuronowe [1] wykazują doskonałą wydajność w różnych zastosowaniach, które obejmują przetwarzanie obrazu i/lub wideo. Jednym z takich zadań jest tomograficzna rekonstrukcja dwuwymiarowego rozkładu emisyjności plazmy w urządzeniach termojądrowych, na podstawie uproszczonej reprezentacji takiego stanu – projekcji. Tradycyjny sposób przeprowadzania tej rekonstrukcji bazuje na czasochłonnych metodach regularyzacji, opartych na iteracjach, trudnych do zastosowania w czasie rzeczywistym [2]. W niniejszej pracy zastosowane zostało nowoczesne podejście z wykorzystaniem głębokich sieci typu „up-convolutional” oraz „de-convolutional” [3], które pozwala na generowanie dwuwymiarowych rozkładów plazmy na podstawie jednowymiarowych danych wejściowych. Aby pokazać zalety podejścia głębokiego uczenia, porównano je z algorytmami opartymi na regularyzacji, w kontekście czasów wnioskowania. Następnie zbadane zostały możliwości dostrajania takich systemów. Dodatkowo, zbadane i przetestowane numerycznie zostały możliwości zastosowania głębokiego uczenia sieci neuronowych na danych, pochodzących z modelowanych rozkładów plazmy, a także dostrajania z danymi o możliwym pochodzeniu empirycznym.

Podziękowania

Niniejsza praca została częściowo wykonana w ramach projektu Akademia Innowacyjnych Zastosowań Technologii Cyfrowych (AI Tech), finansowanego ze środków Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa, POPC.03.02.00-00-0001/20.

Bibliografia

- [1] LeCun Y., Bengio Y., Hinton G., *Nature* 521, 436 (2015).
- [2] Jardin A. *et al.*, *Eur. Phys. J. Plus* 136, 706 (2021).
- [3] Matos F. A. *et al.*, *Fusion Eng. Des.* 114, 18–25 (2017).

Defect Driven Evolution of Exsolved Nanoparticles

F. Oseko, S. Wachowski, T. Miruszewski,
M. Gazda, A. Mielewczyk-Gryń

*Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: francis.oseko@pg.edu.pl*

Slow surface reaction kinetics are a limiting factor in the electrochemical performance of air- electrodes and increases the concentration polarization which results in increased cathodic losses [1]. Electrochemical processes occur at the double-phase boundaries of triple-conducting oxides. Thus, it is essential to increase the number of reaction sites many-fold. As such, this has created the need for „intelligent” catalysts using a novel approach known as exsolution [1, 2]. Exsolution of nanoparticles refers to the spontaneous expulsion of catalytically active cations from either the A-site or B-site of the host perovskite. They co-segregate with oxygen vacancies, diffuse through the lattice and nucleate to form partially submerged metallic or oxide nanoparticles on the surface [2]. The exsolution method is deemed to be an efficient way to produce resilient and evenly distributed catalytically active nanoparticles. Exsolution can be achieved by reducing conditions, lattice strain or via voltage induction [1, 2].

In this work, we present the results of exsolution achieved from both the A-site and B-site of silver doped $(\text{BaGd}_{0.8}\text{La}_{0.2})_{0.95}\text{Ag}_{0.10}\text{Co}_2\text{O}_{6-\delta}$ perovskite annealed in different atmospheres and temperatures ranging from 450 to 850 °C. Notably, the exsolved nanoparticles are from both the A-site or B-site of the double-layered perovskite structure [2]. The concept of dual exsolution is enabled by the ease in reduction of Ag cations to their metallic state. At the right temperatures in reducing conditions, this leads to exsolution of metallic Ag from the A-site, creating a non-stoichiometric compound. Due to the resultant A-site deficiency, subsequent exsolution of B-site transition metals follows which results in a mixture of catalytically active metal and oxide nanoparticles at the surface. The morphology of exsolved nanoparticles are also observed to change with an increase in surface defects as shown in Figure 1 for samples annealed in wet N_2 .

References

- [1] Ji H. *et al.*, J. Korean Ceram. Soc. 57, 480-494 (2020).
- [2] Kwon O. *et al.*, Nat. Commun. 8, 15967 (2017).
- [3] Jun K. *et al.*, Energy Environ. Sci. 15, 1097-1105 (2022).
- [4] Papac M. *et al.*, Nat. Mater. 20, 301-313 (2020).

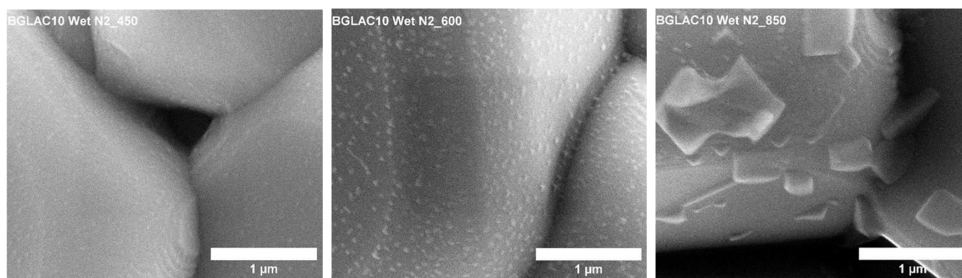


Figure 1: Evolution of the nanoparticle size and shape with increase in temperature

Pionierskie badania raka płaskonabłonkowego
z użyciem wiązki synchrotronowej
(Narodowe Centrum Promieniowania
Synchrotronowego SOLARIS)

J. Paluch

*Katedra i Klinika Laryngologii,
Wydział Nauk Medycznych w Katowicach,
Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach,
ul. Francuska 20-24, 40-027 Katowice
e-mail: jpaluch@sum.edu.pl*

Streszczenie

Autorzy opisują metodę zastosowania światła synchrotronowego do badania obiektów biologicznych. Analizy prowadzono w ramach interdyscyplinarnego grantu Narodowego Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS. Materiał stanowiły tkanki raka płaskonabłonkowego krtani, bezpośrednią metodą badawczą była absorpcyjna rentgenowska spektroskopia (XAS), stanowiąca integralną funkcjonalną część synchrotronu SOLARIS. Po zastosowaniu specjalnej procedury przygotowania preparatów, zaobserwowano wybrane pierwiastki oraz ich wartościowość.

Wyniki wstępne wskazują na korelacje z procesami oksydo-redukcyjnymi w komórkach, a przemianami energetycznymi, które stanowią podstawowy mechanizm proliferacji nowotworu.

Wprowadzenie

Obecne techniki eksperymentalne stosowane w badaniach obiektów biologicznych, zostały poszerzone o pionierskie metody mikroskopowo-spektroskopowe, gdzie źródłem fotonów są przyśpieszane elektrony w systemie kołowym. Stacje badawcze gdzie odpowiednio fotony są kolimowane oraz wprowadzane do komór badawczych, pozwalają na analizę struktury i składu (badanie jakościowe oraz ilościowe) obiektów na poziomie okołoatomowych rozdzielczości. Badania grupy Louisa Slocomba z Uniwersytetu Surrey w Anglii udowodniły, że podstawą mutacji na poziomie kwantowym jest zaburzenie tunelowania protonu pomiędzy zasadami w DNA. Należy pamiętać, że odkrycie struktury przestrzennej DNA zawdzięczamy krystalografii rentgenowskiej, czyli metodyce o rozdzielczości angstromowej. Powyższe informacje były inspiracją do podjęcia badań nad strukturą tkanek raka z zastosowaniem metod o rozdzielczości niespotykanej dotąd w naukach medycznych.

Cel

Analiza pierwiastków oraz zmiany ich wartościowości w tkance raka płaskonabłonkowego krtani.

Metodologia

Preparaty do badań to tkanki raka płaskonabłonkowego krtani, które przygotowano w procedurze spełniającej wymogi komory analizatora absorpcyjnej spektroskopii rentgenowskiej.

Wyniki

W analizie XAS oznaczono wybrane pierwiastki: S, P, C, Cu oraz Fe. Zaprojektowano „krawędź” badawczą głównie dla analizy Fe, dla średniej energii fotonów wynoszącej około 705 eV. Zaobserwowano przewartościowanie $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$. Oznaczono energie analizy dla pozostałych wymienionych pierwiastków, bez analizy zmiany ich wartości.

Wnioski

Światło synchrotronowe stanowi unikalne pionierskie narzędzie analizy obiektów biologicznych, w tym tkanek nowotworowych. Otrzymane wyniki wstępne wskazują na możliwość zastosowania spektroskopii synchrotronowej dla badania mechanizmów proliferacji oraz mutacji na poziomie okołoatomowym. Autorzy rozpoczynają kolejny etap badań w rozszerzeniu o analizę *in situ* (SEM, TEM oraz mikroskopia rentgenowska zespolona w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem wiązki synchrotronowej) w odniesieniu do organelli komórkowych.

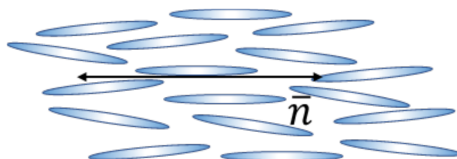
Ferroelektryczność w nematycznych ciekłych kryształach

P. Perkowski, M. Mrukiewicz

*Instytut Fizyki Technicznej,
Wojskowa Akademia Techniczna,
ul. Gen. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
e-mail: pawel.perkowski@wat.edu.pl*

Ciekłe kryształy są materiałami wykazującymi właściwości, które na pozór nie mogą koegzystować: łączą w sobie płynność charakterystyczną dla cieczy z anizotropią właściwości fizycznych, charakterystyczną dla kryształów.

Ciekłe kryształy występują w kilkunastu różnych fazach, które różnią się od siebie uporządkowaniem molekuł. Różne uporządkowanie molekuł jest skutkiem m.in. ich kształtu. Najprostszym ciekłym kryształem są nematyczne ciekłe kryształy, w których wydłużone molekuly są średnio uporządkowane wzdłuż pewnego kierunku zwanego директором (Rysunek 1). W takiej fazie molekuly łatwo mogą przemieszczać się (płynąć) wzdłuż tego kierunku.



Rysunek 1: Nematyczny ciekły kryształ zbudowany z prętopodobnych molekuł ($\vec{n}$ kierunek direktora)

Jak pokazują przykłady oraz teorie, posiadanie przez molekuly momentów dipolowych nie jest warunkiem koniecznym tworzenia fazy nematycznej. Również molekuly nie posiadające momentów dipolowych tworzą fazy ciekłokrystaliczne.

Dodanie do wydłużonych molekuł momentów dipolowych zasadniczo zmienia właściwości elektryczne fazy nematycznej. W zależności czy molekula ma wzdłużny moment dipolowy, czy poprzeczny – w odpowiedzi elektrycznej w zakresie spektroskopii dielektrycznej (umownie od 0 Hz do 1 GHz) będziemy obserwowali rotacje wokół krótkiej i wokół długiej osi molekuly. Ponadto, różne umiejscowienie momentów dipolowych w szkielecie molekuly skutkuje tym, że nematyk wykazuje ujemną anizotropię właściwości elektrycznych ($\Delta\epsilon = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp} < 0$), gdy moment dipolowy jest raczej skierowany prostopadłe do molekuly lub dodatnią anizotropię właściwości elektrycznych ($\Delta\epsilon > 0$), gdy moment dipolowy jest raczej skierowany wzdłuż długiej osi molekuly.

Już w roku 1916 Max Born zapostulował [1, 2], że nematyczne ciekłe kryształy powinny wykazywać właściwości ferroelektryczne pod warunkiem, że będą one składały z molekuł posiadających wystarczająco duże wzdłużne momenty dipolowe. Choć chemicy intensywnie przez wiele lat syntezyowali wciąż nowe materiały ciekłokrystaliczne, to dopiero w 2017 [3, 4] roku udało się stworzyć pierwsze takie molekuły, które tworzą nematyczne fazy ferroelektryczne. Molekuły te charakteryzują się bardzo dużymi momentami dipolowymi rzędu 10 D. Dzięki temu polaryzacja spontaniczna P_S w tych materiałach osiąga wartości około $4\text{--}5\text{ }\mu\text{C}/\text{cm}^2$. Jednocześnie takie związki wykazują bardzo duże wartości przenikalności elektrycznej rzędu $10^4\text{--}10^5$. Ponadto widzimy w strukturze mikroskopowej charakterystyczne dla ferroelektryków domeny oraz prąd przepolaryzowania typowy dla substancji wykazujących polaryzację spontaniczną.

W prezentacji zostaną przedstawione właściwości ferronematyków [5] w porównaniu z klasycznymi nematykami.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane w ramach uczelnianego grantu badawczego UGB 22-804.

Bibliografia

- [1] Lavrentovich O. D., Ferroelectric nematic liquid crystal, a century in waiting, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 117, 14629-14631 (2020).
- [2] Born M., Über anisotrope Flüssigkeiten. Versuch einer Theorie der flüssigen Kristalle und des elektrischen Kerr-Effekts in Flüssigkeiten, *Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss.* 30, 614-650 (1916).
- [3] Mandle R. J., Cowling S. J., Goodby J. W., A nematic to nematic transformation exhibited by a rod-like liquid crystal, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 19, 11429-11435 (2017).
- [4] Nishikawa H. *et al.*, A fluid liquid-crystal material with highly polar order, *Adv. Mater.* 29, 1702354 (2017).
- [5] Mrukiewicz M., Perkowski P., Karcz J., Kula P., Ferroelectricity in a nematic liquid crystal under a direct current electric field, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 25, 13061 (2023).

Influence of Y-123 Foam Morphology on Their Superconducting Properties

P. Pęczkowski¹, P. Zachariasz², R. Zalecki³, J. Piętosa⁴,
J. M. Michalik³, C. Jastrzębski⁵, M. Ziętała⁶, M. Zajac⁷,
Ł. Gondek³

¹*Institute of Physical Sciences, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
School of Exact Sciences, Cardinal Stefan Wyszyński University,
K. Wóycickiego 1/3 Street, 01-938 Warsaw, Poland*

²*Center for Functional Materials,
Łukasiewicz Research Network – Institute of Microelectronics and Photonics,
Zabłocie 39 Street, 30-701 Kraków, Poland*

³*Department of Solid State Physics,
Faculty of Physics and Applied Computer Science,
AGH University of Science and Technology,
A. Mickiewicza 30 Avenue, 30-059 Kraków, Poland*

⁴*Group of Phase Transition, Division of Physics of Magnetism,
Institute of Physics, Polish Academy of Sciences,
Lotników 32/46 Avenue, 02-668 Warsaw, Poland*

⁵*Warsaw University of Technology, Faculty of Physics,
Koszykowa 75 Street, 00-662 Warsaw, Poland*

⁶*Multidisciplinary Research Center
of the Cardinal Stefan Wyszyński University,
M. Konopnickiej 1, 05-092 Dziekanów Leśny, Poland*

⁷*National Synchrotron Radiation Centre SOLARIS,
Jagiellonian University,
Czerwone Maki 98 Street, 30-392 Kraków, Poland
e-mail: p.peczkowski@uksw.edu.pl; p.peczkowski@wp.pl*

High-temperature superconductors usually exist in three forms: a thin layer, a wire (tape) or a solid form. The above division results from the fundamental properties of these compositions, the source of which lies in the local microstructure. High-temperature superconductors can also be made in a fourth mold with a foam structure. Foam-structured superconductors have a much shorter cooling time, so the transition or return to the superconducting state from the normal state is much faster than with Top-Seeded Infiltration-Growth (TSIG) solid samples. In addition, they are lightweight and exhibit fewer micro-cracks, which are the main limiting factors for the critical current density for solid superconducting samples. These unique features make superconducting foams an excellent material for space applications, where it is necessary to use strong and at the same time light sources of magnetic fields to build, for example, space vehicle docking mechanisms or ion engines. For the production of superconducting foams $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (YBCO or Y-123), we used open-cell

polyurethane foams of various density, flexibility and type as a framework (T - upholstery foams, CL - flame retardant foams, HR - highly flexible foams, melamine), which were soaked in Y_2BaCuO_5 (Y-211) and then transformed into Y-123 superconducting ceramic foams in the TSIG process. Before using superconducting foams, the influence of changes in the microstructure (SEM and μCT) and structure (XRD) of the foam (*e.g.* pore size and shape) on superconducting properties (AC and DC susceptibility measurements) should be investigated. In the paper, we also presented the results of spectroscopic measurements: X-ray absorption spectra (XAS) for O K -edge and Cu $L_{2,3}$ -edges and Raman measurements.

Acknowledgement

Paweł Pęczkowski would like to thank the National Science Center for support under the MINIATURA 5 project No. DEC-2021/05/X/ST5/00865.

The authors would like to thank „JAG” PTC PLC (Lisków, Poland) for sending polyurethane foams, which were the skeleton for the production of superconducting foams using the Top Seeded Infiltration Growth (TSIG) method.

This work (in the part concerning synchrotron measurements) was developed under the provision of the Polish Ministry and Higher Education project „Support for research and development with the use of research infra-structure of the National Synchrotron Radiation Center SOLARIS” under contract No. 1/SOL/2021/2. We acknowledge SOLARIS Center for the access to the PIRX research line (Premiere Instrument for XAS) - formerly PEEM/XAS.

(Nad)prąd protonowy w układzie DNA-sól fizjologiczna w stanie krytycznym

M. A. Pietruszka

*Instytut Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska,
Wydział Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Śląski,
ul. Jagiellońska 28, 40-032 Katowice
e-mail: mariusz.pietruszka@us.edu.pl*

Udział protonów kodujących DNA [1] w stabilności genetycznej [2, 3] jest istotnym tematem biologii molekularnej. Niedawne eksperymenty, badające dynamikę składników mikroskopowych w komórkach ludzkich [4-7] i roślinnych [8], pozwoliły wyliczyć entropię i inne metryki dynamiczne poprzez analizę szeregów czasowych: wzrost/spadek temperatury poniżej/powyżej temperatury krytycznej powoduje pojawienie się stanu koherentnego i przejścia fazowego w układzie [9]. Tutaj pokazano, że wzbudzenie termiczne w DNA zanurzone w wodzie, występuje w tym dyssypacyjnym środowisku [10, 11] jako spontaniczna odpowiedź molekularna [12] – dynamiczne tworzenie quasi-cząstek $H_{\mathbf{k}\uparrow}^+ H_{-\mathbf{k}\downarrow}^+$ [7, 13]. Znaleziono nierównowagowe przejście fazowe i fazę kondensatu [14, 15] w temperaturze krytycznej około 20.2°C dla jęczmienia i 36.6°C dla człowieka w DNA (rozpuszczonym w soli fizjologicznej). Uzyskano sygnatury nadprzewodnictwa protonowego w temperaturze przejścia w tym aperiodycznym kryształ [16], na podstawie stosunku masy protonu do elektronu i efektu izotopowego dla wyników empirycznych uzyskanych dla DNA. Okazało się, że fundamentalne dla życia temperatury krytyczne [17, 18] są zakodowane w DNA, a zatem mogą być precyzyjnie dostrojone, za pomocą metod inżynierii genetycznej, np. do zmieniających się warunków środowiskowych, gdy Ziemia staje w obliczu zmian klimatycznych.

Bibliografia

- [1] Watson J. D., Crick F. H. C., Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid, *Nature* 171, 737-738 (1953).
- [2] Löwdin P.-O., Proton tunneling in DNA and its biological implications, *Rev. Mod. Phys.* 35, 724-732 (1963).
- [3] Slocombe L., Sacchi M., Al-Khalili J., An open quantum systems approach to proton tunnelling in DNA, *Commun. Phys.* 5, 109 (2022).
- [4] Pietruszka M. A., Collective excitations at non-equilibrium phase transition in metabolically active red blood cells, *Biosystems* 223, 104804 (2023).
- [5] Pietruszka M., Olszewska M., Extracellular ionic fluxes suggest the basis for cellular life at the 1/f ridge of extended criticality, *Eur. Biophys. J.* 49, 239-252 (2020).
- [6] Pietruszka M. A., Non-equilibrium phase transition at a critical point of human blood, *Sci. Rep.* 11, 22398 (2021).
- [7] Pietruszka M., Lipowczan M., Physical origins of canonical and tautomeric mutagenesis, *Sci. Rep.*, in review (2023).

- [8] Pietruszka M. A., Collective excitations of germinating pollen grains at a critical point, *Sci. Rep.* 13, 610 (2023).
- [9] Levada A. L. M., The curvature effect in Gaussian random fields, *J. Phys. Complex.* 3, 035001 (2022).
- [10] Del Giudice E., Doglia S., Milani M., A collective dynamics in metabolically active cells, *Phys. Scripta* 26, 232-238 (1982).
- [11] Del Giudice E., Doglia S., Milani M., Vitiello G., A quantum field theoretical approach to the collective behaviour of biological systems, *Nucl. Phys. B* 251, 375-400 (1985).
- [12] Froehlich H., *Advances in Electronics and Electron Physics*, edited by Marton L. and Marton C., vol. 53, p. 85 (1980).
- [13] Bardeen J., Cooper L. N., Schrieffer J. R., Theory of Superconductivity, *Phys. Rev.* 108, 1175 (1957).
- [14] Landau L. D., *J. Phys. U.S.S.R.* 5, 71 (1941).
- [15] Bardeen J., Two-fluid model of superconductivity, *Phys. Rev. Lett.* 1, 399-400 (1958).
- [16] Schrödinger E., *What Is Life?: and Other Scientific Essays* (1944).
- [17] Matlak M., Pietruszka M., Critical behaviour of the chemical potential at phase transitions, *Physica B* 291, 12-18 (2000).
- [18] Pietruszka M. A., Chemical potential-induced wall state transitions in plant cell growth, *J. Plant Growth. Regul.* 39, 841-866 (2020).

Relatywistyczne wyliczenia długości rozpraszania elektronów i pozytonów na atomach argonu

M. P. Piłat, P. Syty, J. E. Sienkiewicz

*Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: michal.pilat@pg.edu.pl*

Długość rozpraszania (*scattering length*) to jeden z najważniejszych parametrów używanych do opisu niskoenergetycznych rozpraszania elektronów i pozytonów na atomach. Jest ona zdefiniowana jako promień twardej sfery, dającej identyczne wyniki całkowitego przekroju czynnego co układ, na którym rozpraszane są cząstki. W długości rozpraszania dużą rolę odgrywa również znak tej wielkości, który opisuje rodzaj oddziaływania: jest dodatni, gdy cząstka jest odpychana i ujemny, gdy cząstka jest przyciągana. Długość rozpraszania jest głównie wykorzystywana w układach niskotemperaturowych, takich jak kondensaty Bosego-Einsteina oraz kondensaty Fermiego-Diraca.

Obliczenia są wykonywane przy użyciu wielokonfiguracyjnej metody Diraca-Hartree-Focka (MCDHF), by wziąć pod uwagę korelacje elektronowe. Obliczenia są wykonywane w programie GRASP2K [1]. Wyliczenia zostały przeprowadzone dla rozpraszania pozytonów i elektronów. Rachunki dla pozytonów zostały osiągnięte poprzez zmianę znaku potencjału kulombowskiego oraz przyrównanie potencjału wymiany do zera, czyli traktując pozyton jako elektron z dodatnim ładunkiem. Dodatkowo w obliczeniach został zaimplementowany potencjał polaryzacyjny, który ma znaczący wpływ na oddziaływanie dalekozasięgowe w rozpraszaniu niskoenergetycznych elektronów i pozytonów, co mocno wpływa na wyznaczenie długości rozpraszania. Długość rozpraszania w granicy zerowej energii cząstki została wyznaczona dwiema metodami: korzystając z zachowania asymptotycznego funkcji falowej w dużej odległości od atomu oraz graficznym dopasowaniu funkcji falowej w bliskiej odległości od atomu. Wyniki przez nas osiągnięte są w dużej zgodności z wynikami doświadczalnymi [2].

Podziękowania

Autorzy pragną podziękować Simone'owi Taiolemu za dyskusję. Obliczenia były wykonywane w CI TASK.

Bibliografia

- [1] Froese Fischer C., Gaigalas G., Jönsson P., Bieroń J., *Comp. Phys. Comm.* 237, 184-187 (2019).
- [2] Kurokawa M., Kitajima M., Toyoshima K., Kishino T., Odagiri T., Kato H., Hoshino M., Tanaka H., Ito K., *Phys. Rev. A* 84, 062717 (2011).

Spektrometria AMS w Laboratorium ^{14}C i Spektrometrii Mas w Gliwicach

N. Piotrowska, A. Ustrzycka, A. Michczyński, F. Pawełczyk

*Zakład Geochronologii i Badań Izotopowych Środowiska,
Instytut Fizyki – Centrum Naukowo-Dydaktyczne,
Politechnika Śląska,
ul. Konarskiego 22B, 44-100 Gliwice
e-mail: adam.michczynski@polsl.pl*

Laboratorium ^{14}C i Spektrometrii Mas funkcjonuje w Instytucie Fizyki – Centrum Naukowo-Dydaktycznym Politechniki Śląskiej. Laboratorium od ponad 50 lat współpracuje z naukowcami z dziedzin nauk przyrodniczych, archeologicznych i historycznych. Jest unikalnym laboratorium badawczym, w którym wykonywać można zarówno datowanie radiowęglowe (^{14}C) przy pomocy różnych technik, analizy składu lekkich izotopów stabilnych węgla, azotu, tlenu i wodoru różnorodnych materiałów, jak również analizy dendrochronologiczne.

Od 1999 roku w Laboratorium rozwijana jest metodyka przygotowania próbek do pomiarów koncentracji ^{14}C techniką akceleratorowej spektrometrii masowej (AMS). Pomiary w wytworzonych tarczach grafitowych prowadzone były w zewnętrznych laboratoriach, wyposażonych w spektrometr AMS. Dzięki realizacji projektu „Centrum Metod Izotopowych CEMIZ”, dofinansowanego ze środków europejskich (EFRR), w 2022 roku został zainstalowany nowoczesny spektrometr AMS typu MICADAS [1], produkcji szwajcarskiej firmy IonPlus. Dzięki temu możliwe jest wykonywanie całości analiz ^{14}C AMS w Gliwicach.

Technika AMS posiada wiele zalet, z których, w odróżnieniu od technik radiometrycznych, najistotniejsze są:

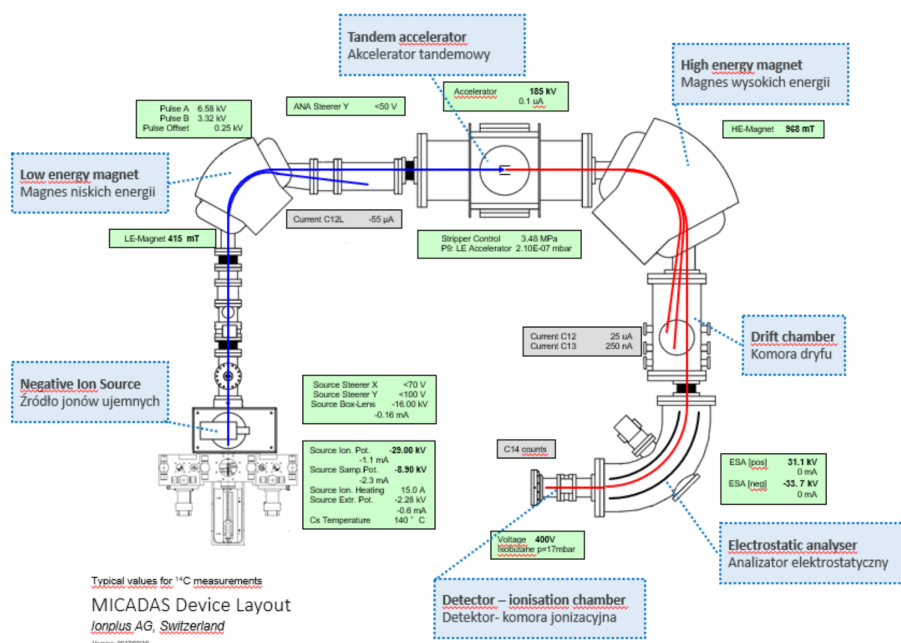
- niska wymagana masa próbki, rzędu 1 mg węgla lub mniej;
- krótki czas pomiaru, rzędu minut na jedną próbkę;
- wysoka wydajność urządzenia pomiarowego;
- możliwość uzyskania wysokiej precyzji wyników pomiarowych.

Konsekwencją powyższych cech jest możliwość analiz tysięcy próbek rocznie przy pomocy jednego urządzenia, ze stosunkowo niewielkimi niepewnościami statystycznymi (0.3%). Rozmiary urządzenia są stosunkowo niewielkie (3.2 m × 2.6 m), a dzięki zastosowaniu magnesów stałych oraz chłodzenia powietrzem, typowy pobór mocy nie

przekracza 2.5 kW. Elementy spektrometru AMS MICADAS i ich podstawowe parametry (Rysunek 1) to:

- cezowe wielokatodowe (40 próbek) źródło jonów i elektrody formujące wiązkę jonową;
- układ wstrzykujący z magnesem 90° , $B = 415$ mT;
- akcelerator tandemowy o napięciu nominalnym 200 kV, izolowany próżnią;
- magnes analizujący 90° , $B = 968$ mT;
- komora dryfu z puszkami Faradaya do pomiarów prądów ^{12}C , ^{13}C i ^{13}CH ;
- analizator elektrostatyczny 90° ;
- detektor ^{14}C – komora jonizacyjna wypełniona izobutanem.

W trakcie dotychczasowej eksploatacji, od września 2022, wykonano pomiary koncentracji ^{14}C dla około 400 grafitów, w tym 70 wzorców koncentracji radiowęglu (NIST Oxalic Acid II), 50 grafitów, wytworzonych z materiału tła (węgiel kamienny, bezwodnik ftalowy) oraz 40 grafitów z materiałów referencyjnych IAEA.



Rysunek 1: Schemat budowy spektrometru MICADAS i typowe parametry przy pomiarach koncentracji izotopu ^{14}C

Bibliografia

- [1] Synal H. A., Stocker M., Suter M., Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B 259, 7 (2007).

Właściwości elektrochemiczne tlenków trójprzewodzących typu $\text{Ba}_{0.5}\text{La}_{0.5}\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_{3-\delta}$

J. Pośpiech¹, T. Miruszewski¹, M. Gazda¹, A. Maximenko²,
S. Wachowski¹, A. Mielewczyk-Gryn¹

¹*Instytut Nanotechnologii i Inżynierii Materiałowej,
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk*

²*Narodowe Centrum Promieniowania
Synchrotronowego SOLARIS,
ul. Czerwone Maki 98, 30-392 Kraków
e-mail: joanna.pospiech@pg.edu.pl*

Związki na bazie kobałtytów-żelazianów baru i lantanu o strukturze perowskitu można rozpatrywać jako tlenki trójprzewodzące (z ang. triple conducting oxides, TCO), ze względu na ich możliwość przewodzenia trzech nośników ładunku – jonów tlenu, elektronów/dziur oraz protonów. Dzięki swoim właściwościom transportowym uznawane są za potencjalne materiały elektrodowe do protonowych ceramicznych ogniw paliwowych (z ang. Protonic Ceramic Fuel Cells, PCFCs). Przewodnictwo elektryczne oraz powstawanie defektów protonowych w związkach $\text{Ba}_{0.5}\text{La}_{0.5}\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_{3-\delta}$ były już badane [1, 2]. Niemniej jednak, pełna charakterystyka transportu poszczególnych nośników ładunku oraz wpływ uwodnienia na zjawiska transportu elektrycznego w tych materiałach jest niezbędna do opracowania możliwości zastosowania ich w urządzeniach elektrochemicznych i zrozumienia zjawisk, leżących u podstaw ich działania.

Niniejsza praca jest poświęcona zrozumieniu transportu ładunków w związkach $\text{Ba}_{0.5}\text{La}_{0.5}\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_{3-\delta}$ (gdzie $0 \leq x \leq 1$). Związki zostały zsyntezowane metodą reakcji w fazie stałej, ich strukturę i skład fazowy scharakteryzowano metodą dyfrakcji rentgenowskiej. Przewodnictwo jonowe jonów tlenu zostało zmierzone zmodyfikowaną metodą Hebba-Wagnera, z elektrodą blokującą dla elektronów i protonów. W celu analizy zjawiska dyfuzji jonów tlenu przeprowadzono pomiary metodą relaksacji przewodnictwa elektrycznego (ECR) w szerokim zakresie temperatur i ciśnień parcjalnych tlenu. Wyznaczono chemiczny współczynnik wymiany powierzchniowej k i chemiczny współczynnik dyfuzji tlenu D oraz obliczono energie aktywacji obu procesów. Dominujące nośniki ładunku przeanalizowano, wykorzystując pomiary współczynnika Seebecka w funkcji temperatury. Ponadto, wykorzystano absorpcyjną spektroskopię rentgenowską (XAS) na linii ASTRA w Narodowym Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS, w celu przeanalizowania wpływu obecności defektów protonowych na struktury elektronowe badanych związków.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki (projekt FunKeyCat, M-ERA.NET 2) oraz Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (IX projekt polsko-tajwański). Dalszy rozwój linii ASTRA w NSRC SOLARIS był wspierany w ramach unijnego programu Horyzont 2020 (952148-Sylinda).

Bibliografia

- [1] Wachowski S. L. *et al.*, Structure and water uptake in $\text{BaLnCo}_2\text{O}_{6-\delta}$ ($\text{Ln} = \text{La}, \text{Pr}, \text{Nd}, \text{Sm}, \text{Gd}, \text{Tb}$ and Dy), *Acta Mater.* 199, 297-310 (2020).
- [2] Wachowski S. L. *et al.*, The effect of transition metal spin-states and electron hole delocalization on conductivity and proton uptake of $\text{Ba}_{0.5}\text{La}_{0.5}\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_{3-\delta}$ ($0 \leq x \leq 1$), w przygotowaniu.

Struktura elektronowa i nadprzewodnictwo w stopie wysokiej entropii Co-Ni-Cu-Rh-Ir-Zr₂

K. Pryga, B. Wiendlocha

*Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej,
Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail: kacper.pryga@fis.agh.edu.pl*

Stopy wysokiej entropii (HEA, *High entropy alloys*) należą do nowej klasy stopów złożonych z kilku (typowo pięciu) pierwiastków, które na ogół – pomimo złożonego składu – krystalizują w dość prostych strukturach regularnych. Od momentu odkrycia cieszą się znacznym zainteresowaniem środowiska naukowego, co wynika między innymi z posiadania przez niektóre z nich bardzo dobrych własności mechanicznych. Od strony czysto naukowej, stopy te są idealnym materiałem do badania wpływu nieporządku na własności fizyczne materiałów. Na chwilę obecną znana jest jedynie garstka HEA wykazujących nadprzewodnictwo. Spośród nich wymienić można nadprzewodzący związek typu HEA: Co_{0.2}Ni_{0.1}Cu_{0.1}Rh_{0.3}Ir_{0.3}Zr₂ odkryty w 2021 roku [1]. W przeciwieństwie do standardowych HEA, związki typu HEA posiadają nieporządek jedynie na wybranych podsięciach krystalograficznych.

W pracy tej przeprowadzono obliczenia *ab initio* struktury elektronowej i fononowej wraz z wyznaczeniem siły sprzężenia elektron-fonon w Co_{0.2}Ni_{0.1}Cu_{0.1}Rh_{0.3}Ir_{0.3}Zr₂ oraz powiązanych związków podwójnych. Obliczenia przeprowadzono wykorzystując komplementarne, bazujące na teorii funkcjonału gęstości, metody obliczeniowe: KKR-CPA, LAPW i pseudopotencjału. Analiza obliczonych pasm zespolonych i gęstości stanów pokazuje, że nieporządek chemiczny na podsięci metalu przejściowego ma nieznaczny wpływ na strukturę elektronową układu blisko energii Fermiego. Z tego wynika, że struktura elektronowa jest w dobrym przybliżeniu „uśrednieniem” własności związków podwójnych $TmZr_2$ ($Tm = Co, Ni, Cu, Rh, Ir$), z których składa się tytułowy stop. Zbadano powstawanie lokalnych dystorsji sieci krystalicznych, powodowanych nieporządkiem na podsięci metalu przejściowego i przeprowadzono analizę wpływu dystorsji sieci na strukturę elektronową. Przeanalizowano również wpływ sprzężenia spin-orbita. Oba z tych czynników nie zmieniają istotnie struktury elektronowej materiału przy energii Fermiego. Obliczenia struktury elektronowej posłużyły do wyznaczenia parametrów McMillana-Hopfielda, będących elektronowymi wkładami do stałej sprzężenia elektron-fonon λ . Widmo fononowe stopu przybliżono korzystając z obliczeń fononowych gęstości stanów, wykonanych dla związków podwójnych $TmZr_2$. Z połączenia elektronowych i fononowych obliczeń oszacowano stałą oddziaływania elektron-fonon. Uzyskano wartość $\lambda = 0.72$, która jest w dobrej zgodności

z wartością $\lambda_{\text{exp}} = 0.85$, wyznaczoną na podstawie danych eksperymentalnych. Otrzymane wyniki wskazują konwencjonalny, elektronowo-fononowy charakter nadprzewodnictwa, zaś struktura elektronowa badanego związku typu HEA silnie powiązana jest z jego składowymi strukturami binarnymi, ze względu na kluczową rolę uporządkowanej podsieci Zr.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane w ramach projektu nr 2017/26/E/ST3/00119, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

Bibliografia

- [1] Mizuguchi Y., Kasem M. R., Matsuda T. D., Mater. Res. Lett. 9, 141 (2021).

Model transferu energii na nanostrukturach typu rdzeń-otoczka i jego porównanie z symulacjami Monte Carlo

A. Schlichtholz¹, A. Synak¹, L. Kułak², P. Bojarski¹

¹ *Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki,
Uniwersytet Gdański,
ul. Wita Stwosza 57, 80-952 Gdańsk*

² *Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: agnieszka.schlichtholz@phdstud.ug.edu.pl*

Bezpromienisty transfer energii w układach luminescencyjnych jest intensywnie badany teoretycznie, numerycznie i doświadczalnie z uwagi na liczne aplikacje w nowoczesnych materiałach optycznych oraz biomateriałach. Zjawisko to jest wykorzystywane obecnie jako linijka spektroskopowa w nanoskali, narzędzie dające istotne informacje o rozkładach konformacyjnych makromolekuł biologicznie czynnych, w analizie bioobrazowania i ocenie celowanych terapii lekowych, w biosensorach czy w układach antenowych [1]. Szczególnie ciekawe wydają się badania Försterowskiego rezonansowego transferu energii (FRET) [2] w układach o ograniczonej objętości, do których należą m.in. nanostruktury typu rdzeń-otoczka. Okazuje się, że w takich przypadkach nie można korzystać bezpośrednio z opisu teoretycznego, który stosowany jest dla układów makroskopowych, jak np. roztwory zawierające ogromną liczbę fluoroforów w stosunkowo dużej objętości. Dlatego proponujemy model teoretyczny zjawiska, dedykowany przekazowi energii na nanocząstce typu rdzeń-otoczka z przyłączonymi na powierzchni donorami i akceptorami energii. Przykładowe obliczenia dotyczą m.in. rzeczywistego układu: Rodamina 110 (donor) - Rodamina 101 (akceptor) na nanocząstce sferycznej o promieniu ok. 50 nm [3]. Poprawność modelu została zweryfikowana w oparciu o wyniki symulacji Monte Carlo, przeprowadzone z wykorzystaniem algorytmu „krok po kroku”. Symulowanymi wielkościami były zanik fluorescencji donora w zależności od promienia nanostruktury oraz od ilości przyłączonych molekuł akceptora.

Bibliografia

- [1] Singh R., Bhateria R., Core-shell nanostructures: a simplest two-component system with enhanced properties and multiple applications, *Environ. Geochem. Health.* 43, 2459-2482 (2021).
- [2] Förster T., Zwischenmolekulare energiewanderung und fluoreszenz, *Ann. Phys* 437, 55-75 (1948).
- [3] Synak A., Kułak L., Bojarski P., Schlichtholz A., Förster Energy Transfer in Core-Shell Nanoparticles: Theoretical Model and Monte Carlo Study, *J. Phys. Chem. C* 125, 18517-18525 (2021).

Aktywność optyczna w kryształach LBO i KTP

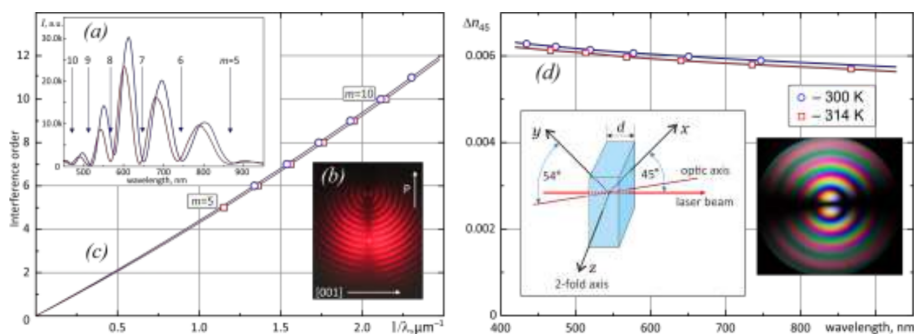
M. Shopa¹, N. Ftomyn²

¹ Zakład Fizyki Atomowej, Molekularnej i Optycznej,
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

² Wydział Fizyki,
Lwowski Uniwersytet im. Iwana Franki,
ul. Cyryla i Metodego 8, 79005 Lwów, Ukraina
e-mail: mykola.shopa@pg.edu.pl

Zastosowaliśmy zmodyfikowany polarymetr, oparty o dwie długości fali [1, 2], mierząc stany polaryzacji dla dwóch bliskich długości fal 633 i 661 nm, dla charakterystyki nieliniowych dwuosiowych kryształów triboranu litu (LBO) i fosforanu tytanu potasu (KTP).

Kryształ LBO jest dobrze znanym optycznym materiałem nieliniowym o dużym zakresie przezroczystości i znaczącą odpornością na uszkodzenia. Ta klasa kryształów romboidalnych z grupy symetrii mm2 zawiera cały szereg nieliniowych materiałów, stosowanych do generacji drugiej harmonicznej, w szczególności KTP i izomorficzne materiały z rodziny KTP – KTA, RTP i RTA.



Rysunek 1: (a) Widma kanałowe dla kryształu LBO dla temperatur 300 K (niebieski) i 314 K (czerwony). (b) Obraz konoskopiczny obserwowany wzdłuż dwusiecznej pomiędzy krystalograficznymi osiami x i y przy skrzyżowanych polaryzatorach. (c) Wartości minimów interferencyjnych m w zależności od $1/\lambda_m$. (d) Dyspersja dwójłomności Δn_{45} przy temperaturach 300 i 314 K. Lewy obrazek pokazuje jedną z próbek. Prawy – obraz konoskopiczny, obserwowany w świetle białym wzdłuż jednej z osi optycznych dla drugiej próbki, wyciętej prostopadle do osi optycznej

Aktywność optyczna (AO) powoduje zniekształcenie frontu falowego przy propagacji światła przez optycznie dwójłomny ośrodek. Te zmiany należy brać pod uwagę przy obliczeniu kierunku dopasowania fazowego do generacji drugiej harmonicznej. Z tego powodu uzupełnienie danych na temat AO dla kryształów nieenanajomerycznych może być wartościowe nie tylko dla badaczy właściwości optycznych materiałów.

Skrećenie płaszczyzny polaryzacji (optical rotatory power – ORP) w kryształach LBO, jako miara aktywności optycznej, zgodnie z pracą [3], jest mniejsze niż 1° mm^{-1} . Autorzy pracy [3], prawdopodobnie nie uwzględnili różnicy w układach odniesienia krystalograficznym i optycznym dla kryształu LBO, co doprowadziło do błędnego wyniku pomiaru wartości ORP. Nasz wynik dla ORP dla światła propagującego się wzdłuż jednej z osi optycznych wynosi $7.06^\circ \text{ mm}^{-1}$. Wykorzystując dane na temat struktury i polaryzowalności kryształu, udało się potwierdzić dane eksperymentalne dla ORP.

Bibliografia

- [1] Shopa Y., Shopa M., Ftomyn N., Opto-Electron. Rev. 25, 6-9 (2017).
- [2] Shopa M., Shopa Y., Shribak M., Kostenyukova E., Pritula I., Bezkravnaya O., J. Appl. Cryst. 53, 1257-1265 (2020).
- [3] Ettxebarria J., Ortega J., Folcia C. L., J. Appl. Cryst. 40, 919-923 (2007).

Strukturalne uwarunkowania drgań własnych izomerów fulerenowych

J. Siódmiak

*Instytut Matematyki i Fizyki,
Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej,
Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich,
al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz
e-mail: siedem@pbs.edu.pl*

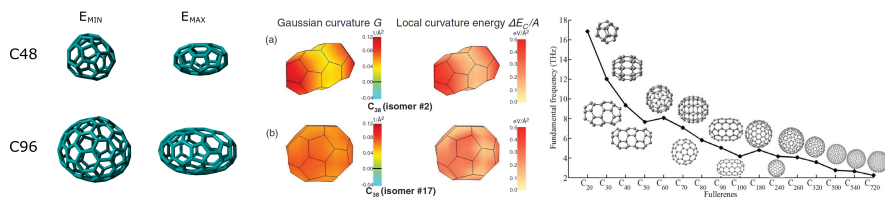
Od momentu odkrycia fulerenów, jednej z alotropowych form węgla, w 1985 roku [1], znalazły one zastosowanie w wielu dziedzinach nauki i przemysłu. Wykorzystywane są w przemyśle elektronicznym [2], petrochemicznym [3] oraz w medycynie [4]. Dzięki kulistemu kształtowi, dużej wartości modułu Younga oraz ekstremalnym właściwościom ciśnieniowym [5] mogą przenosić znaczne obciążenia. Dzięki temu fulereny stosowane są w postaci sproszkowanej jako suchy środek smarny, a także jako dodatki do olejów i smarów.

Najbardziej znaną formą fullerenów jest C₆₀, którą tworzą 60 atomy węgla ułożone w 12 pięciokątów i 20 sześciokątów, przyczym pięciokąty są izolowane zgodnie z regułą Eulera dla brył symetrycznych. Jednak istnieje wiele innych form, składających się od 20 do nawet kilkuset atomów węgla [6], przy zachowaniu zasady, że liczba atomów węgla musi być parzysta. Ponadto, dla danej liczby atomów istnieje zazwyczaj wiele form izomerycznych [7]. Różnią się one ilością oraz rozłożeniem tworzących je pięciokątów i sześciokątów. Różnice te mają wpływ na kształt fulerenu. Jedne z nich mają kształt zbliżony do sfery natomiast inne mogą być spłaszczone lub posiadać „wypustki”. Różnice te mają wpływ na energię krzywiznową całej cząsteczki, gdyż obszary, w których styka się ze sobą kilka pięciokątów, charakteryzują się większą krzywizną. Taki stan ma również wpływ na sztywność całej cząsteczki oraz na to, jakie częstotliwości drgań własnych są najsilniej reprezentowane.

W wystąpieniu przedstawione zostaną wyniki pełnoatomowych symulacji dynamiki molekularnej różnych form fulerenów, w tym izomerycznych. Pokazane zostaną widma mocy drgań własnych tych fulerenów.

Podziękowania

Praca finansowana w ramach środków z BN-WTiCh-11/2022 Politechniki Bydgoskiej.



Rysunek 1: Formy izomerowe fulerenów C48 oraz C96 w wariantach o najmniejszej i największej energii całkowitej (lewy). Przykład rozkładu energii krzywiznowej [7] (środek). Ogólna zależność częstotliwości drgań własnych fulerenów od ich wielkości [8] (prawy)

Bibliografia

- [1] Kroto H. W. *et al.*, Nature 318, 162 (1985).
- [2] Maeyoshi Y. *et al.*, Sci. Rep. 2, 600 (2012).
- [3] Tuktarov A. R. *et al.*, Pet. Chem. 60, 113 (2020).
- [4] Bakry R. *et al.*, Int. J. Nanomedicine. 2, 639 (2007).
- [5] Ghavanloo E. *et al.*, J. Mol. Model. 24, 71 (2018).
- [6] Wang S. *et al.*, Front. Chem. 8, 607712 (2020).
- [7] Guan J. *et al.*, Phys. Rev. B 90, 245403 (2014).
- [8] Adhikari S., Chowdhury R., Phys. Lett. A 375, 2166 (2011).

Zjawiska piezo-, trybo-, piro- i foto- w procesach pozyskiwania i konwersji energii

A. Starczewska

*Zakład Fizyki Ciała Stałego,
Instytut Fizyki - Centrum Naukowo-Dydaktyczne,
Politechnika Śląska,
ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice
e-mail: anna.starczewska@polsl.pl*

Kryzys ekologiczny wymusił intensywne poszukiwania materiałów przydatnych w gromadzeniu i konwersji energii. W ten trend wpisuje się również działalność pracowników Zakładu Fizyki Ciała Stałego Instytutu Fizyki – Centrum Naukowo-Dydaktycznego Politechniki Śląskiej. Od wielu lat prowadzone są przez nich badania materiałów na bazie związków złożonych z pierwiastków z grup 15, 16 i 17 układu okresowego, w szczególności trójskładnikowych chalkohalogenków. Najlepiej poznany przedstawiciel tej grupy – jodosiarczek antymonu (SbSI) – jest jednocześnie ferroelektrykiem oraz półprzewodnikiem. Oprócz typowych efektów, charakterystycznych dla półprzewodników (np. fotoprzewodnictwo) czy ferroelektryków (efekty piezoelektryczny, piroelektryczny, elektromechaniczny) SbSI wykazuje również efekty łączące obie te cechy takie jak: efekt fotoferroelektryczny, pirooptyczny, elektrooptyczny itd. Ta różnorodność właściwości daje podstawy do zastosowania związków tego typu w wielu dziedzinach. W ostatnim czasie pojawiły się nowe metody, jak np. metoda sonochemiczna, wytwarzania takich związków w postaci nanomateriałów, dając możliwość tworzenia różnych kompozytów. Ta różnorodność i duży stosunek powierzchni do objętości nanomateriałów poszerza dodatkowo możliwości aplikacyjne ww. związków.

Prezentacja przedstawia więc zarys aktualnych badań prowadzonych w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego. Mają one charakter badań podstawowych, ukierunkowanych na poznanie właściwości fizycznych nowo uzyskanych związków i ich kompozytów. Prowadzone są również działania służące uzyskaniu optymalnych rozwiązań aplikacyjnych, w głównej mierze w zakresie pozyskiwania i konwersji energii.

Tagowanie protonowe w eksperymencie ATLAS na LHC jako narzędzie przy poszukiwaniu nowej fizyki

R. Staszewski*

*Instytut Fizyki Jądrowej
im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk,
ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków
*w imieniu Współpracy ATLAS
e-mail: rafal.staszewski@ifj.edu.pl*

Eksperymenty przy akceleratorze LHC mają szeroki program fizyczny. Jednym z jego elementów jest badanie oddziaływań pomiędzy polami elektromagnetycznymi, otaczającymi przyspieszone protony, czyli oddziaływania foton–foton. Pomiar takich procesów, niemożliwych w ramach elektrodynamiki klasycznej, są doskonałym testem sektora oddziaływań elektroślabych. Jakikolwiek odstępstwo od przewidywań teoretycznych modelu standardowego cząstek elementarnych będzie wskazywało na istnienie, poszukiwanej od dawna, nowej fizyki.

Tagowanie protonowe jest metodą eksperymentalną używaną, między innymi, do pomiarów oddziaływań foton–foton. W takich procesach, w przeciwieństwie do większości innych oddziaływań zachodzących w akceleratorze LHC, protony mogą nie zostać rozbite, a jedynie stracić część swojej energii. Bezpośredni pomiar takich protonów jest możliwy dzięki specjalnym detektorom, umieszczonym wewnątrz rury próżniowej akceleratora, bardzo blisko wiązki. Umożliwia to identyfikację procesów fotonowych, a przez to odrzucenie znaczącej części tła.

Plakat prezentuje wykorzystanie techniki tak zwanych rzymskich garnków, umożliwiających pomiary w pobliżu wiązki akceleratora. Pokazane zostaną również wyniki uzyskane przez Współpracę ATLAS przy wykorzystaniu takich detektorów, dotyczące produkcji par leptonów $\gamma\gamma \rightarrow l\bar{l}$ oraz poszukiwania cząstek podobnych do axionów w procesach $\gamma\gamma \rightarrow \gamma\gamma$.

Podziękowania

Badania częściowo finansowane w ramach grantu NCN SONATA BIS, nr projektu: 2021/42/E/ST2/00350.

Bibliografia

- [1] Współpraca ATLAS, Observation and Measurement of Forward Proton Scattering in Association with Lepton Pairs Produced via the Photon Fusion Mechanism at ATLAS, Phys. Rev. Lett. 125, 261801 (2020).
- [2] Współpraca ATLAS, Search for an axion-like particle with forward proton scattering in association with photon pairs at ATLAS, wysłane do JHEP, arXiv:2304.10953 [hep-ex].

Struktury krytyczne w oddziaływaniach silnych – eksperyment NA61/SHINE

G. Stefanek

*Instytut Fizyki,
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach,
ul. Żeromskiego 5, 25-369 Kielce
wraz ze współpracą NA61/SHINE
e-mail: grzegorz.stefanek@ujk.edu.pl*

Teoria oddziaływań silnych czyli chromodynamika kwantowa i modele fenomenologiczne sugerują, że w eksperymentalnych badaniach zderzeń jądrowych przy wysokich energiach możliwa jest obserwacja kilku spektakularnych zjawisk fizycznych. Należą do nich: próg na tworzenie nowego stanu materii – plazmy kwarkowo-gluonowej, próg na tworzenie *fireball*-a – klastra silnie oddziałującej materii, punktu krytycznego silnie oddziałującej materii oraz progu na termalizację materii. Oczekuje się, że zjawiska te prowadzą do szybkich zmian własności produkcji hadronów – struktur krytycznych – wraz ze zmianą energii i jądrowej liczby masowej zderzanych jąder.

NA61/SHINE jest eksperymentem ze stałą tarczą, prowadzonym na akceleratorze SPS w laboratorium CERN, którego głównym zadaniem jest eksploracja diagramu fazowego silnie oddziałującej materii. W ramach eksperymentu przeprowadzono unikalny 2-wymiarowy skan poprzez zmianę pędu wiązki oraz rozmiaru zderzanych jąder.

Poster będzie prezentował wyselekcjonowane wyniki, dotyczące produkcji dziwności oraz rozkładów *rapidity* protonów istotnych w dyskusji progu na uwolnienie partonów. Wyniki NA61/SHINE będą porównane ze światowymi danymi i niektórymi modelami teoretycznymi. Będzie też zawierał przegląd badań, których celem jest poszukiwanie punktu krytycznego silnie oddziałującej materii. W szczególności będzie pokazywał wyniki badań fluktuacji krotności cząstek w przestrzeni pędu poprzecznego, prowadzonych z wykorzystaniem skalowanych momentów faktorialnych rozkładów krotności.

Podziękowania

Badania zostały w dużej części sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach projektu badawczego 2018/30/A/ST2/00226, z wykorzystaniem zasobów Centrum Obliczeń i Modelowania Komputerowego Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach.

Optyczne wykrywanie białek za pomocą drukowanych ścieżek metalicznych

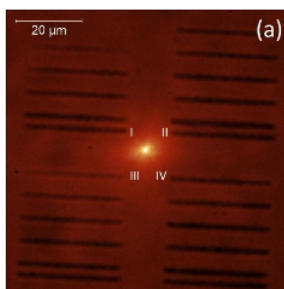
K. Sulowska, M. Szalkowski, M. Mac, S. Maćkowski

*Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika,
ul. Gagarina 11, 87-100 Toruń
e-mail: sulowska@fizyka.umk.pl*

Wykrywanie substancji, zwłaszcza na poziomie pojedynczych emiterów, jest istotne w medycynie, przemyśle czy ochronie środowiska. Spośród dostępnych metod, mikroskopia fluorescencyjna jest uznawana za jedną z najlepszych technik do tego celu, ze względu na szybką i wysoką czułość detekcji, możliwą do zastosowania również w pomiarach *in vivo* w czasie rzeczywistym oraz możliwość rozróżnienia analitów na podstawie ich właściwości spektroskopowych.

Coraz częściej jako strukturę receptorową w sensorach optycznych wykorzystuje się nanocząstki metaliczne, pozwalające na wzmocnienie plazmonowe odpowiedzi optycznej emitera, włączając w to oznaczanie określonych analitów z wykorzystaniem optycznie aktywnych ścieżek metalicznych. Mogą być one wytwarzane w szybki, tani i powtarzalny sposób, pozwalają zwiększyć stosunek sygnału do szumu, który może być dodatkowo poprawiony poprzez wykorzystanie powierzchni zmodyfikowanych grupami chemicznymi o wysokim powinowactwie do analitów.

Na plakacie zostaną przedstawione badania, dotyczące wykorzystania fotochemicznie drukowanych ścieżek srebra o dowolnym wzorze (Rysunek 1) do oznaczania aktywnych optycznie białek. Ścieżki te, zbudowane z wysp srebra, charakteryzują się aktywnością plazmonową w zakresie widzialnym, umożliwiającą zwiększenie intensywności emisji fluoroforów. Ich powierzchnia została zmodyfikowana chemicznie



Rysunek 1: Zdjęcie z mikroskopu optycznego fotochemicznie drukowanych ścieżek srebrnych wysp

w celu specyficznego wiązania pożądaných analitów, zapewniając jednocześnie odpowiednią odległość między białkiem a powierzchnią srebra. Eksperymenty zostały wykonane za pomocą fluorescencyjnej mikroskopii szerokiego pola, metody pozwalającej na wydajną rejestrację map oraz kinetyk natężenia fluorescencji. Najważniejszym wynikiem jest wykazanie, że drukowane ścieżki srebra umożliwiają wykrywanie fotoaktywnych białek w czasie rzeczywistym.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki, nr projektu 2021/41/N/ST7/03528.

Bibliografia

- [1] Szalkowski M. *et al.*, Int. J. Mol. Sci. 21, 2006 (2020).
- [2] Kowalska D. *et al.*, Sci. World J. 2013, 670412 (2013).
- [3] Szalkowski M. *et al.*, Sensors 18, 290 (2018).
- [4] Sulowska K. *et al.*, Methods Appl. Fluoresc. 8, 045004 (2020).

Otrzymywanie kryształów trójskładnikowych pniktydków metodą wzrostu z fazy ciekłej

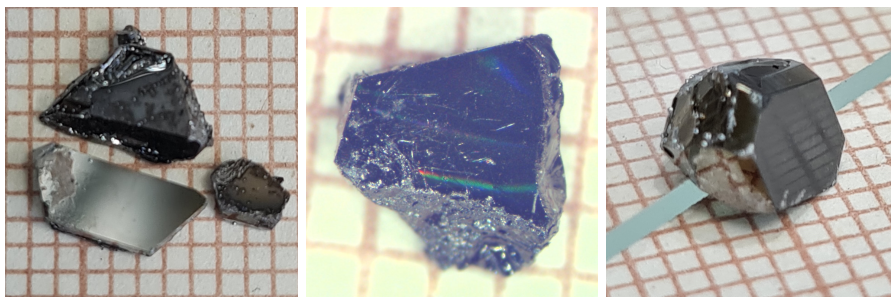
H. Świątek^{1,2}, T. Klimczuk^{1,2}

¹Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

²Centrum Materiałów Przyszłości,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: hanna.swiatek@pg.edu.pl

Niezbędnym elementem wielu badań fizycznych, mających na celu pełną charakteryzację danego związku chemicznego, są wysokiej jakości monokryształy. Jedną z możliwości ich otrzymywania jest zastosowanie metody wzrostu z fazy ciekłej (wzrost przy użyciu topnika). Jako że metoda ta nie wymaga wysoce specjalistycznego sprzętu i pozwala na obniżenie temperatury prowadzonej reakcji, jest często pierwszym wyborem przy hodowli kryształów różnych związków międzymetalicznych. Mimo pozornej prostoty tej techniki, istnieje wiele czynników, które należy wziąć pod uwagę na etapie planowania syntezy.

Wpływ różnych parametrów wzrostu na otrzymywane kryształy zostanie przedstawiony na podstawie rezultatów syntez wybranych trójskładnikowych pniktydków, takich jak topologiczne półmetale ATPn (gdzie A – Ca, Sr, Ba, T – metal przejściowy i Pn – As, Sb, Bi), materiały termoelektryczne $A_9T_4Pn_9$ oraz rodzina związków AMg_2Pn_2 , w których pojawiać się może topologiczne nadprzewodnictwo.



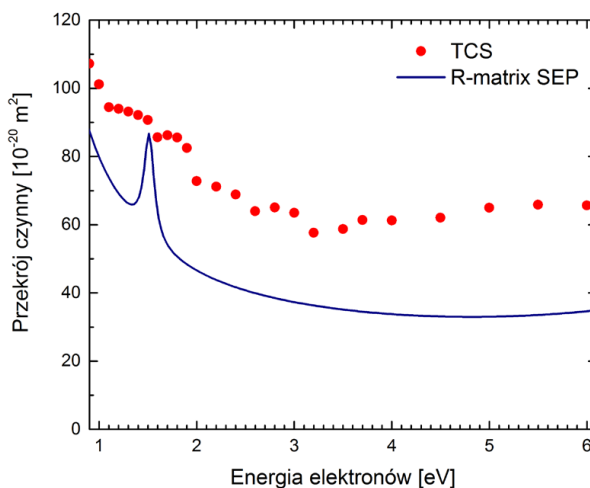
Rysunek 1: Wybrane kryształy

Rozpraszanie niskoenergetycznych elektronów na aldehydzie propionowym, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$

N. Tańska, K. Rogala, E. Ptasńska-Denga,
Cz. Szmytkowski, P. Możejko

*Instytut Fizyki i Informatyki Stosowanej,
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: s181042@student.pg.edu.pl*

Nowe i precyzyjne dane doświadczalne oraz teoretyczne, dotyczące oddziaływania elektronów z cząsteczkami są kluczowe i niezbędne do zrozumienia oraz modelowania wielu naturalnych i technologicznych procesów, występujących i prowadzonych w złożonych środowiskach [1]. Obecność aldehydu propionowego, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$, wykryto w meteorycie Murchison, komecie 67P Churyumov/Gerasimienko oraz w obłokach gazowych w przestrzeni międzygwiazdnej [2]. Dokładne poznanie i wyjaśnienie procesów astrochemicznych, obejmujących powstanie i występowanie tego związku w tak ekstremalnych warunkach, wymaga danych dotyczących jego oddziaływania z elektronami. W tym celu, wykorzystując liniową metodę transmisyjną oraz elektrostatyczny



Rysunek 1: Porównanie zmierzonego całkowitego przekroju czynnego na rozproszenie elektronów na cząsteczce $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$ z obliczonym metodą R-macierzy przekrojem czynnym na rozproszenie sprężyste

spektrometr elektronów [3, 4], wykonaliśmy pomiary całkowitego przekroju czynnego (TCS) na rozproszenie niskoenergetycznych (0.5-300 eV) elektronów na cząsteczce aldehydu propionowego. Wykonane zostały również obliczenia przekroju czynnego na rozproszenie sprężyste elektronów przy użyciu metody R-macierzy [5], z uwzględnieniem w opisie oddziaływania procesów elektrostatycznych, polaryzacyjnych oraz wymiennych (SEP). Wstępne wyniki pomiarów i obliczeń, w zakresie energii od 1 do 6 eV, zaprezentowane zostały na Rysunku 1.

Bibliografia

- [1] Szmytkowski Cz., Możejko P., Eur. Phys. J. D 74, 90 (2020).
- [2] Yarnall Y. Y., Gerakines P. A., Hudson R. L., Mon. Notices Royal Astron. Soc. 494, 4606 (2020).
- [3] Szmytkowski Cz., Możejko P., Vacuum 63, 549 (2001).
- [4] Tańska N., Randi P. A. S., Stefanowska-Tur S., Moreira G. M., Ptasińska-Denga E., Bettega M. H. F., Szmytkowski Cz., Możejko P., J. Chem. Phys. 157, 154301 (2022).
- [5] Masin Z., Benda J., Gorfinkiel J. D., Harvey A. G., Tennyson J., Comput. Phys. Commun. 249, 107092 (2020).

Badanie promieniowania powstającego podczas naświetlania tkanek wiązką protonów o energiach terapeutycznych

A. Taranienko¹, W. Szcześniak¹, S. Kusyk², J. Matulewicz¹,
T. Matulewicz¹, P. Sękowski¹, A. Spyra¹, J. Swakoń²,
D. Wróbel², I. Skwira-Chalot¹

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

²Instytut Fizyki Jądrowej,
Polska Akademia Nauk,
ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków
e-mail: izabela.skwira@fuw.edu.pl

Protony o energiach z zakresu 60-230 MeV wykorzystywane są w radioterapii, ponieważ mają dobrze określony zasięg w tkankach. Wiązka cząstek naładowanych ma wyjątkowy rozkład dawki, wykazując stosunkowo płaski obszar dawki wejściowej, po którym następuje gwałtowny jej wzrost, pik Bragga, w którym cząstki wytracają całą swoją energię. Taki profil, nazywany odwróconym, decyduje o przewadze terapii protonowej nad konwencjonalną radioterapią, wykorzystującą wiązkę promieniowania gamma.

Podczas naświetlania protonami w tkance zachodzą reakcje jądrowe, prowadzące m.in. do powstania radioizotopów o minutowych czasach życia.

W eksperymentach, prowadzonych na wiązce protonów akceleratora AIC-144 w IFJ PAN w Krakowie, stwierdzono wytwarzanie izotopów ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O i ^{18}F powstałych w tkankach zwierzęcych (serce, wątroba, kość, nerka). Analiza czasowego zaniku pozwoliła wyznaczyć aktywność każdego z izotopów. Badania tego typu mają znaczenie dla precyzyjnej oceny dawki promieniowania w trakcie protonoterapii.

Bezpośrednia metoda pomiaru splątania kwantowego i nielokalności Bella stanów dwukubitowych za pomocą interferometrii Hong-Ou-Mandela

P. Tulewicz¹, K. Bartkiewicz^{1,2}

¹*Instytut Spintroniki i Informacji Kwantowej,
Wydział Fizyki,*

*Uniwersytet im. Adama Mickiewicza,
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61-614 Poznań*

²*Joint Laboratory of Optics of Palacký University
and Institute of Physics of Czech Academy of Sciences,
17. listopadu 12, 771 46 Olomouc, Czech Republic*

e-mail: pattul@amu.edu.pl

Splątanie kwantowe jest jednym z fundamentalnych zjawisk, wykorzystywanych w przetwarzaniu informacji kwantowej. Miarę splątania można wyrazić jako parametr negatywności [1], który opisuje koszt operacji częściowej transpozycji (PPT). Wykrywanie splątania jest często problematycznym zagadnieniem. Zwykle stosowaną metodą jest tomografia kwantowa (QST), której wynikiem jest uzyskanie pełnej informacji o danym stanie kwantowym. Podejście to okazuje się problematyczne ze względu na dużą liczbę mierzonych parametrów (skalowanie z kwadratem całkowitego wymiaru mierzonego układu). Możliwe jest wyznaczenie negatywności bez użycia tomografii kwantowej. Bezpośrednia metoda eksperymentalnego wyznaczania negatywności dowolnego stanu dwukubitowego może opierać się na pomiarach singletowych, wykonywanych na wielu kopiach [2, 3]. Umożliwia to zastosowanie kryterium separowalności Peresa-Horodeckiego do dowolnego stanu dwu-kubitowego.

W naszych badaniach zademonstrowaliśmy bezpośrednie podejście eksperymentalnie, mierząc zestaw niezmienników Makhlina [4] przy użyciu projekcji singletowych. Eksperymenty zostały przeprowadzone na procesorze kwantowym IBMQ [5]. Zbadaliśmy, że dzięki tej metodzie możemy przeprowadzić test nierówności Bell-Clauser-Horne-Shimony-Holt (Bell-CHSH) oraz porównaliśmy opisane podejście z metodą QST.

Podziękowania

Praca została zrealizowana przy wsparciu finansowym Narodowego Centrum Nauki (NCN) w ramach grantu Maestro No. DEC- 2019/34/A/ST2/00081.

Bibliografia

- [1] Życzkowski K., Horodecki P., Sanpera A., Lewenstein M., Volume of the set of separable states, *Phys. Rev. A* 58, 883-892 (1998).
- [2] Bartkiewicz K., Chimczak G., Lemr K., Direct method for measuring and witnessing quantum entanglement of arbitrary two-qubit states through Hong-Ou-Mandel interference, *Phys. Rev. A*, 95, 022331 (2017).
- [3] Bartkiewicz K., Chimczak G., Two methods for measuring Bell nonlocality via local unitary invariants of two-qubit systems in Hong-Ou-Mandel interferometers, *Phys. Rev. A* 97, 012107 (2018).
- [4] Makhlin Y., Nonlocal properties of two-qubit gates and mixed states, and the optimization of quantum computations, *Quantum Inf. Process.* 1, 243-252 (2002).
- [5] IBM Quantum, <https://quantum-computing.ibm.com/>, 2021.

Generacja światła białego w binarnych układach flawonolów z solami

D. Ushakou, V. Tomin, T. Wróblewski

*Zakład Fizyki,
Instytut Nauk Ścisłych i Technicznych,
Uniwersytet Pomorski w Słupsku,
ul. Arciszewskiego 22a, 76-200 Słupsk*

W ostatnich latach można zauważyć duże zainteresowanie układami molekularnymi z fluorescencją multipasmową, ponieważ badania takich związków metodami stacjonarnej i czasowo rozdzielczej spektroskopii emisyjnej dostarczają cenne informacje o reakcjach zachodzących w ich stanach wzbudzonych. Ponadto związki te mają duży potencjał w zastosowaniach praktycznych, ze względu na możliwość generowania światła białego, na przykład w OLEDach [1].

W niniejszej pracy udowodniono, że w roztworach niektórych flawonolów w dość prosty sposób może być otrzymane światło w szerokim wizualnym zakresie, które może być traktowane jako białe.

Cząsteczki flawonolów są dobrze znane jako fluorofory, z reakcją przeniesienia protonu w stanie wzbudzonym (Excited State Internal Proton Transfer, ESIPT), które w pewnych warunkach są zdolne do emisji fluorescencyjnej z szerokimi pasmami lokalizowanymi w UV i widzialnym zakresie widma optycznego [2, 3].

Doświadczalnie zademonstrowano, że białe światło można generować w systemach flawonolów z dodatkiem soli (na przykład chlorku litu) [4]. Zostały wykonane pomiary widm emisji, absorpcji i wzbudzenia roztworu 3-hydroksyflawonu z dodatkiem chlorku litu w acetonitrylu, metodami stacjonarnej spektroskopii fluorescencyjnej. Wykazano, że światło białe ma dobrą wydajność przy prawidłowym doborze energii kwantów wzbudzenia oraz stężeń soli i fluoroforu. Przeprowadzone badania oraz symulacje kwantowo-chemiczne pozwoliły ustalić właściwości głównych emiterów i znaleźć optymalne warunki do generacji promieniowania w tych układach.

Bibliografia

- [1] Kwon J. E., Park S. Y., Advanced organic optoelectronic materials: Harnessing excited-state intramolecular proton transfer (ESIPT) process, *Adv. Mater.* 23, 3615-3642 (2011).
- [2] Dereka B., Letrun R., Svechikarev D., Rosspeintner A., Vauthey E., Excited-state dynamics of 3-hydroxyflavone anion in alcohols, *J. Phys. Chem. B* 119, 2434-2443 (2015).
- [3] Frutos-Puerto S., Colín M. J., Corchado J. C., Sánchez M. L., Martín M. E., Aguilar M. A., Photophysical and photochemical properties of 3-hydroxyflavone in ethanol solution: Implicit vs explicit solvent models, *J. Mol. Liq.* 381, 121783 (2023).
- [4] Tomin V. I., Ushakou D. V., Effect of salt ions on the proton-transfer rate in 3-hydroxyflavone, *J. Appl. Spectrosc.* 82, 193-199 (2015).

CO₂ Capture by Microalgae Bio-Fixation: Modelling of Algal Biomass Production in High Rate Algae Pond

O. Wane^{1,2}, A. A. Navarro¹, A. Fuerte¹,
B. Bochentyn³, R. X. Valenzuela¹

¹*CIEMAT Energy Department, Renewable Energy Division,
Avda. Complutense 40, 28040 Madrid, Spain*

²*E.T.S.I. Agronómica, Alimentaria y Biosistemas,
Universidad Politécnica de Madrid,
Avda. Puerta Hierro 2-4, 28040 Madrid, Spain*

³*Advanced Materials Center,
Faculty of Applied Physics and Mathematics,
Gdańsk University of Technology,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Poland
e-mail: ousmane.wane@externos.ciemat.es*

Numerical modelling and simulation applied to wastewater treatment (WWT) is a complementary tool to understand, a priori, the impact of meteorological parameters and others nutrients (substrates) such as carbon dioxide (CO₂) on productivity under limiting environmental conditions or even to guide decision-making to more relevant objectives. This work uses the Monod model models to simulate the growth and biomass production of microalgae combined with the removal of nutrients present in wastewater and the capture of CO₂ from the Solid Oxide Fuel Cell enriched with air supplied in the batch culture medium.

The world energy strategy for the next decade is a shift towards efficient energy sources. In this sense, the TEDDY project proposes a multidisciplinary study within the context of circular economy, based on the combination of different emerging technologies: high-temperature fuel cells, CO₂ capture, the use of solar energy and wastewater treatment by microalgae.

In the case of CO₂ capture by microalgae cultivated in a High Rate Algae Pond (HRAP) [1], it is useful to identify an optimal site for the implementation of this system and have advanced knowledge about the climate patterns in-situ. To achieve this objectives, the following methodology is developed.

After applying some criterious to select a suitable site to implement the system, a Typical Meteorological Sequence (TMS) for each climatic season of the year is determinated following scheme shown in Figure 1 [2].

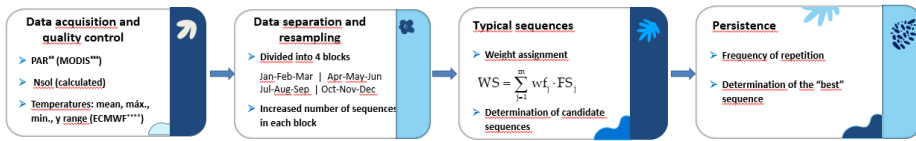


Figure 1: TMS methodology

Finally, the TMS and classical Monod [3] is used to modelize the metabolism of microalgae in the presence of nutrients (A, B, and C) in WWT:

$$\mu = \mu_{\max} \cdot \frac{[A]}{K_A + [B]} \cdot \frac{[B]}{K_B + [B]} \cdot \frac{[C]}{K_C + [C]}$$

The first approximation would serve to study the location of a HRAP in rural areas, such as studies in different municipalities in Madrid region (Spain):

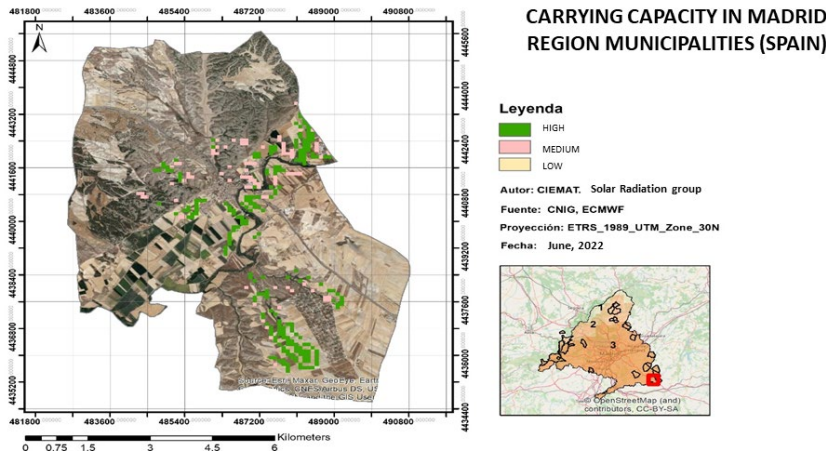


Figure 2: Suitable sites to implement the HRAP system in Region of Fuentidueña de Tajo

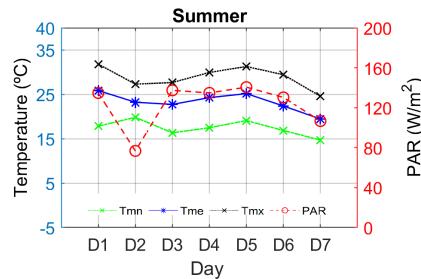


Figure 3: Daily average temperature (mean, maximum, and minimum) and Photosynthetically Active Radiation (PAR) for the selected TMS for the summer season in Fuentidueña de Tajo from 1991 to 2005

The TMS results may be better in the case of the meteorological data were measure in-situ. These should be used as input data for the last step of this work. The results of simulate microalgae growth and to integrate CO₂ capture from solid oxide fuel exhaust into microalgae cultivation is underway.

Acknowledgement

This research was funded by: the Spanish Ministry of Science and Innovation (MCIN/AEI/10.13039/501100011033) and the European Union „Next Generation EU”/PRTR, TEDDY (TED2021-130366B-I00), and the Gdańsk University of Technology by the grant (DEC-6/1/2022/IDUB/II.1a/Au) under the Aurum Supporting International Research Team Building programme „Excellence Initiative - Research University”. The authors also acknowledge the CYTED-Ibero American Program on Science and Technology for Development (RED RENUWAL P320RT0005 CYTED).

References

- [1] Solimeno A., Parker L., Lundquist T., García J., Integral microalgae-bacteria model (BIO_ALGAE): Application to wastewater high rate algal ponds, *Sci. Total Environ.* 601-602, 646–657 (2017).
- [2] Wane O., Zarzalejo L. F., Ferrera-Cobos F., Navarro A. A., Rodríguez-López A., Valenzuela R. X., Generation of Typical Meteorological Sequences to Simulate Growth and Production of Biological Systems, *Appl. Sci.* 13, 4826 (2023).
- [3] Eze V. C., Velasquez-Orta S. B., Hernández-García A., Monje-Ramírez I; Orta-Ledesma M. T., Kinetic modelling of microalgae cultivation for wastewater treatment and carbon dioxide sequestration, *Algal Res.* 32, 131-141 (2018).

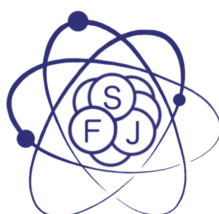
Krajobraz fizyki jądrowej w Polsce

M. Warda

*Instytut Fizyki,
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie,
pl. M. Curie-Skłodowskiej 1, 20-031 Lublin
e-mail: michal.warda2@mail.umcs.pl*

Fizyka jądrowa jest dyscypliną uprawianą w wielu ośrodkach w Polsce. Fizycy zajmują się prowadzeniem doświadczeń zarówno na wielkich urządzeniach badawczych, jak i z wykorzystaniem polskiej infrastruktury. Naukowcy prowadzą zarówno badania teoretyczne, jak i aplikacyjne technologii jądrowych. W Polsce organizowane są cyklicznie 3 międzynarodowe konferencje naukowe: Zakopane Conference on Nuclear Physics, Mazurian Lakes Conference on Physics oraz Nuclear Physics Workshop, jak również wiele konferencji tematycznych.

Sekcja Fizyki Jądrowej Polskiego Towarzystwa Fizycznego skupia ponad 50 naukowców. Pozwala ona integrować środowisko, wymieniać poglądy i wzmacniać współpracę pomiędzy różnymi ośrodkami i obszarami badawczymi. Sekcja organizuje konferencje naukowe, wydarzenia popularnonaukowe i otwarte zebrania. Wszystkich zainteresowanych zapraszamy na stronę internetową <https://sfj-ptf.slcj.uw.edu.pl/>.



Sekcja Fizyki Jądrowej
Polskiego Towarzystwa Fizycznego

Rysunek 1: Logo Sekcji Fizyki Jądrowej PTF

Projekt badania materiałów w silnych polach magnetycznych wiązki cząstek z akceleratora

A. Wawrzyniak¹, S. Bednarek²

¹*Narodowe Centrum Promieniowania
Synchrotronowego Solaris,
Uniwersytet Jagielloński,
ul. Czerwone Maki 85, 30-392 Kraków*

²*Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Łódzki,
ul. Pomorska 149/153, 90-236 Łódź
e-mail: stanislaw.bednarek@fis.uni.lodz.pl*

Silne pola magnetyczne spełniają ważną rolę we współczesnych technologiach i badaniach naukowych, m.in. w fizyce ciała stałego i fazy skondensowanej [1]. Przykładem tego jest odkrycie w ostatnich latach kwantowego efektu Halla, który zachodzi w polach magnetycznych o indukcji kilkunastu T [2]. Wytwarzanie silnych pól magnetycznych przy użyciu znanych metod jest związane z licznymi trudnościami i ograniczeniami, dlatego poszukuje się nowych metod ich wytwarzania. Jednym z takich rozwiązań jest wykorzystanie pola magnetycznego, które wytwarza wiązka cząstek naładowanych, przyspieszonych w akceleratorze. Podczas referatu będą opisane dotychczasowe wyniki uzyskane tą metodą [3]. Zostaną również przedstawione przykłady własnych obliczeń parametrów pola magnetycznego i projekt komory przeznaczonej do badań materiałów w tych polach. Szczególna uwaga będzie zwrócona na praktyczne możliwości zastosowania proponowanej komory, jej zalety, wady, oszacowanie kosztów wdrożenia i spodziewane wyniki. W tym celu uwzględnione zostanie m.in. oddziaływanie badanych próbek z wiązką cząstek i wpływ instalacji komory na pracę akceleratora. Jako przykład do dyskusji posłuży akcelerator w Narodowym Centrum Promieniowania Synchrotronowego Solaris.

Podziękowania

Współautor chciałby wyrazić serdeczne podziękowanie Prof. dr hab. Markowi Stankiewiczowi za umożliwienie odbycia stażu naukowego w Narodowym Centrum Promieniowania Synchrotronowego Solaris i Dr Adrianie Wawrzyniak, Zastępcy Dyrektora ds. Akceleratorów za życzliwość i pomocną dyskusję.

Bibliografia

- [1] Herlach J. F., Miura N. (editors), High Magnetic Fields Science and Technology, Vol. 2, Theory and Experiments I, World Scientific, New Jersey, London, Singapore, Shanghai, Hong-Kong, Taipei, Bangalore (2003).
- [2] Herlach J. F., Miura N. (editors), High Magnetic Fields Science and Technology, Vol. 1, Magnet Technology and Experimental Technique, World Scientific, New Jersey, London, Singapore, Shanghai, Hong-Kong, Taipei, Bangalore (2003).
- [3] Back C. H., Siegmann H. C., J. Magn. Magn. Mater. 200, 774 (1999).

Nanotarcie suche kinetyczne – badania eksperymentalne z wykorzystaniem mikroskopu sił atomowych

M. Weiss¹, M. Wojtecki¹, M. Cichomski², A. Ptak¹

¹*Instytut Fizyki,
Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej,
Politechnika Poznańska,
ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań*

²*Katedra Technologii i Chemii Materiałów,
Wydział Chemii,
Uniwersytet Łódzki,
ul. Pomorska 163, 90-236 Łódź*

e-mail: marek.weiss@put.poznan.pl; arkadiusz.ptak@put.poznan.pl

Dalsza miniaturyzacja urządzeń elektromechanicznych w skali nanometrowej ograniczana jest przez oddziaływania powierzchniowe (adhezja, tarcie), z uwagi na wzrost stosunku powierzchni do objętości. Ze względu na złożoność zjawiska tarcia oraz istnienie jego wielu różnych mechanizmów, siła tarcia dla dowolnego badanego układu pomiarowego zależy od bardzo wielu różnych parametrów, takich jak: siła nacisku, szybkość przesuwu, wilgotność, temperatura czy chropowatość. Urządzeniem, które nadaje się do eksperymentów w skali nanometrowej jest mikroskop sił atomowych (ang. atomic force microscope, AFM), pracujący w trybie kontaktowym pomiaru sił poprzecznych.

W niniejszej pracy skupiono się na zależności siły tarcia od szybkości przesuwu i siły nacisku dla wybranego układu hydrofobowej nanopowłoki 1H,1H,2H,2H-Perfluoroheksylo-trichlorosilanu ($\text{Si}/\text{SiO}_x/\text{PFHTS}$) i krzemowego ostrza AFM (Si/SiO_x) [1]. Pomiary wykonano w atmosferze argonu za pomocą mikroskopu AFM Nanosurf z głowicą Flex V+, pracującą z kontrolerem C3000 w trybie pomiaru sił poprzecznych. Wilgotność względną ograniczono do zakresu $11 \div 16\%$ dla zakresu temperatur $24 \div 30^\circ\text{C}$. Mapy tarcia dla stałej długości linii skanowania zbierano pseudolosowo, do maksymalnej średniej wartości szybkości skanowania wynoszącej 2 mm/s, dla kilku wartości siły nacisku, do wartości maksymalnej 50 nN. Pomiary powtarzano dla maksymalnie trzech serii pomiarowych, każdorazowo dla innego fragmentu powierzchni PFHTS. Dla kontroli zużycia ostrza AFM zbierano także dane o sile adhezji w trybie spektroskopii siły. W celu uzyskania miarodajnych wyników, ugięcie normalne i skrócenie mikrobilki AFM kalibrowano za pomocą precyzyjnych metod referencyjnych [2, 3].

Ograniczenie wilgotności względnej oraz zastosowanie hydrofobowej nanopowłoki PFHTS pozwoliło zmniejszyć wpływ adhezji mokrej, umożliwiając tym samym analizę dominujących mechanizmów tarcia suchego – zależnie od rozpatrywanego zakresu szybkości przesuwu i siły nacisku [4] – dla badanego układu powierzchni.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach projektu OPUS o numerze 2020/37/B/ST8/02023.

Bibliografia

- [1] Wojtecki M., Analiza mechanizmów tarcia suchego w skali nanometrowej dla niskich obciążeń, praca dyplomowa magisterska, Politechnika Poznańska (2022).
- [2] Torii A., Sasaki M., Hane K., Okuma S., Meas. Sci. Technol. 7, 179 (1996).
- [3] Kulik A. J., Lekka M., Lee K., Pyka-Fościak G., Nowak W., Beilstein J. Nanotechnol. 6, 1164 (2015).
- [4] Weiss M., Majchrzycki Ł., Borkowska E., Cichomski M., Ptak A., Tribology Int. 162, 107133 (2021).

Obliczenia ogniskowania i obrazowania promieni rentgenowskich za pomocą soczewek kinoformowych i zwykłych

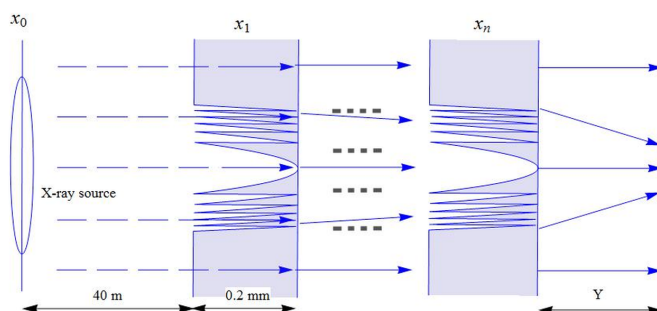
P. Wojda¹, S. Kshevetskii²

¹ Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

² Bałtycki Uniwersytet Federalny im. Immanuela Kanta,
Królewiec, Rosja
e-mail: pawwojda@pg.edu.pl

Opracowano i przedstawiono aparat matematyczny do rozwiązywania problemów propagacji fal rentgenowskich w złożonych układach optycznych, w których grubość soczewki może zmieniać się skokowo. Opracowana metoda rozwiązywania problemów propagacji fali rentgenowskiej opiera się na wykorzystaniu superpozycji zorientowanych wiązek gaussowskich, które z dużą dokładnością spełniają równanie Helmholtza. Kierunki propagacji fal w wiązkach gaussowskich pokrywają się z lokalnymi kierunkami propagacji fali rentgenowskiej na czole fali.

Uwzględniono propagację fali w powietrzu oraz przez soczewki kinoformowe i zwykłe. Porównuje się właściwości ogniskowania i obrazowania dla obu typów optyki rentgenowskiej. Skoki grubości w soczewkach kinoformowych dają efekty dyfrakcyjne, które zasługują na zainteresowanie i są trudne do obliczenia, co czyni je wartościowym kierunkiem badań. Skoki grubości soczewki prowadzą do efektów dyfrakcyjnych, gdy fale rentgenowskie rozchodzą się przez soczewkę. Badane są efekty dyfrakcyjne powstające w wyniku skoków grubości w soczewkach kinoformowych oraz wpływ tych skoków na ogniskowanie i obrazowanie promieni rentgenowskich.



Rysunek 1: Schemat badanego układu optycznego

W badaniach preferowane jest badanie soczewek planarnych, ponieważ w tym przypadku efekty dyfrakcyjne są większe niż w soczewkach trójwymiarowych. W porównaniu z efektami dyfrakcji na skokach grubości soczewek planarnych, trójwymiarowe soczewki kinoformowe generują faliste efekty dyfrakcyjne, które mają mniejszą amplitudę niż w przypadku soczewek planarnych, ale ich charakterystyka jest taka sama. Aby zilustrować możliwości techniki wiązek gaussowskich, przedstawiono wyniki obliczeń obrazu siatki umieszczonej przed soczewką idealną lub soczewką kinoformową.

Bibliografia

- [1] Wojda P., Kshevetskii S., Lyatun I., J. Synchrotron Rad. 28, 741-755 (2021).

Badanie in vitro rozpuszczalności szkieł krzemianowych modyfikowanych magnezem oraz potasem o potencjalnym zastosowaniu na implanty kostne

S. Wolff, N. A. Wójcik

*Centrum Zaawansowanych Materiałów,
Instytut Nanotechnologii i Inżynierii Materiałowej,
Politechnika Gdańska,
ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk
e-mail: s176462@student.pg.edu.pl*

Szkła bioaktywne należą do grupy nietoksycznych biomateriałów. Materiały te wykazują dobrą biokompatybilność, biodegradowalność, a także bioaktywność, a więc zdolność do trwałego wiązania z tkanką kostną. Pod wpływem kontaktu z płynami ustrojowymi następują przemiany chemiczne oraz strukturalne. Dzięki temu na powierzchni biomateriału powstaje warstwa hydroksyapatytu (HAp), czyli materiału analogicznego do mineralnej struktury kości. Konsekwentnie materiał taki może być wykorzystywany na implanty kostne, w stomatologii, jako materiał do wzmacniania szkliwa zębnego. Najczęstszym stosowanym materiałem są szkła krzemianowe, jednakże ich czas rozpuszczania jest za szybki, w związku z tym prowadzi się badania na domieszkowanych szklach, w celu otrzymania materiału o lepszych właściwościach bioaktywnych.

Przebadano szkła krzemianowe domieszkowane Mg lub Si_3N_4 oraz K_2O pod względem badań strukturalnych, termicznych oraz bioaktywnych. Wyniki sugerują, że struktura szkieł w nieznaczny sposób zmienia się pod wpływem wzrostu zawartości domieszek w sieci szkła. Ponadto analiza właściwości termicznych wykazała, że zawartość krzemu kontroluje temperaturę zeszklenia, zaś stabilność termiczna szkła zmniejszała się wraz ze wzrostem zawartości krzemu w szklach. Włączenie N do struktury szkła zmniejszyło jego średnią procentową utratę masy na wczesnym etapie degradacji, ale poprawiło jego trwałość chemiczną, dzięki zwiększonej łączności sieciowej. Badanie rozpuszczania *in vitro* w PBS wykazało, że wszystkie szkła wykazują potencjalne właściwości bioaktywne. Na ich powierzchni wytworzyły się warstwy fosforanów, które zostały przypisane przy pomocy dyfrakcji rentgenowskiej jako hydroksyapatyt. pH roztworów wzrasta w ciągu pierwszych dwóch dni zanurzenia dla wszystkich próbek, a następnie stabilizuje się i waha się pomiędzy 10.5 a 9.0. Wartości te również potwierdzają występowanie hydroksyapatytu na powierzchni badanego materiału. Największe uwalnianie jonów (Na^+ oraz Ca^{2+}) z PBS oraz jonów (P^+) uwalnianych z powierzchni próbek do PBS. Uwalnianie jonów (K^+) zależy od zawartości pierwotnej w strukturze szkieł. Przedstawiona metoda i kompozycje mogą być więc wykorzystane jako obiecujące materiały do stymulacji regeneracji kości [1-3].

Podziękowania

Badania finansowane przez Politechnikę Gdańską w ramach programu Argentinum Triggering Research Grants („Excellence Initiative – Research University”), grant nr EC19/2020/IDUB/I.3.3.

Bibliografia

- [1] Wójcik N. A., Sinitsyna P., Ali S., Hupa L., Jonson B., In Vitro Dissolution of Na-Ca-P-Oxynitrides, *Materials* 14, 7425 (2021).
- [2] Wójcik N. A., Wolff S., Karczewski J. L., Rutkowska M., Ali S., Effect of Nb and Al on in vitro dissolution behavior and structure of Na₂O-MgO CaO-P₂O₅ glasses, *J. Non-Cryst. Solids* 585, 121544 (2022).
- [3] Wolff S., Badanie in vitro rozpuszczalności szkieł krzemianowych modyfikowanych magnezem oraz potasem o potencjalnym zastosowaniu na implanty kostne, praca magisterska, Politechnika Gdańska.

Badania emisji lotnych związków organicznych z grzybów leśnych za pomocą spektrometrii masowej z reakcją przekazu protonu

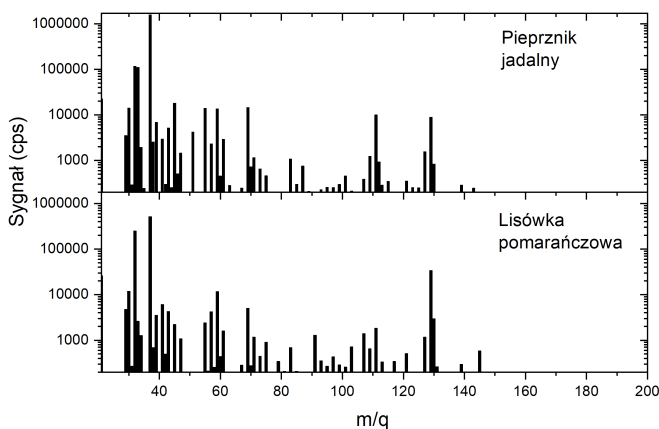
T. Wróblewski, A. Kamińska, A. Włodarkiewicz, D. Ushakou

*Institut Nauk Ścisłych i Technicznych,
Uniwersytet Pomorski w Słupsku,
ul. Arciszewskiego 22A, 76-200 Słupsk
e-mail: agnieszka.wlodarkiewicz@apsl.edu.pl*

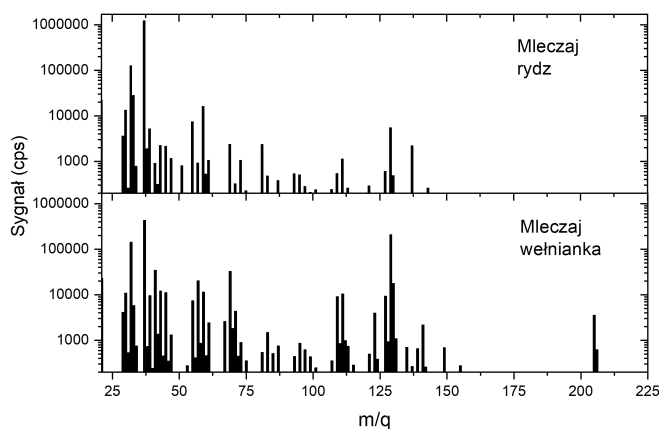
Badania emisji lotnych związków organicznych (LZO) z organizmów żywych dotyczą roślin, bakterii czy grzybów. W przypadku tych ostatnich najczęściej obiektem badań są mikrogrzyby, a pomiary z reguły przeprowadzane są za pomocą metod chromatograficznych [1, 2]. W niniejszej pracy przedstawione zostaną wyniki wstępnych badań porównawczych emisji LZO z leśnych grzybów kapeluszowych, za pomocą spektrometrii masowej z reakcją przekazu protonu (PTR-MS). Celem badań jest sprawdzenie, czy istnieją różnice w widmach masowych LZO, pochodzących od grzybów podobnych do siebie pod względem morfologicznym, z których jedno są jadalne, a drugie niejadalne lub trujące. W tym celu wybrano następujące pary gatunków grzybów: borowik szlachetny i goryczak żółciowy, czubajka kania i czernidlak kołpakowaty, pieprznik jadalny i lejkówka pomarańczowa oraz mleczaj rydz i mleczaj welnianka.

Metodologia pomiarów została przedstawiona w pracy [3]. W skrócie, próbki grzybów o masach 50 g zostały umieszczone w szklanym naczyniu o pojemności 250 ml i przykryte folią aluminiową. Przez mały otwór w folii została wprowadzona do naczynia kapilara, przez którą zasysane było powietrze znad próbek do komory dryfu spektrometru PTR-MS, w której zachodzą reakcje przekazu protonu pomiędzy jonami hydroniowymi, a molekułami LZO z próbek. W badaniach użyto po cztery próbki dla danego gatunku grzybów, a dla każdej z próbek wykonano po sześć skanów w zakresie od 21 do 300 amu. Przed każdym właściwym pomiarem dokonano także rejestracji widm tła. We wszystkich przypadkach tło było praktycznie takie samo i zarejestrowano w jego widmie typowe sygnały, pochodzące przede wszystkim ze źródła jonów.

Przykładowe porównawcze widma masowe LZO dla par grzybów pieprznik-lisówka oraz rydz-welnianka pokazano na Rysunkach 1 i 2. Należy pamiętać, że widma masowe są przesunięte o 1 amu ze względu na uprotonowanie cząsteczek w komorze dryfu. Ogólnie można stwierdzić, że widma masowe w danych parach są dość podobne, tak jak w przykładzie pieprznik-lisówka. Zarejestrowane jony odpowiadają różnym alkoholom, aldehydom, węglowodorom, kwasom, estrom czy też terpenoidom [4]. Jednak dla pary rydz-welnianka w widmie masowym zarejestrowano dość silny sygnał dla masy 205 amu tylko w przypadku mleczaja welnianki, co odpowiada protonowanemu seskwiterpenowi o wzorze $C_{15}H_{24}$. Efekt ten był powtarzalny dla wszystkich próbek tej pary grzybów.



Rysunek 1: Porównanie widm masowych LZO dla pieprznika jadalnego i lisówki pomarańczowej



Rysunek 2: Porównanie widm masowych LZO dla mleczaja rydza i mleczaja wełnianki

Można stwierdzić, że w przypadku niektórych morfologicznie do siebie podobnych gatunków grzybów, prosta analiza widm PTR-MS pozwala na ich identyfikację na podstawie zarejestrowanych lotnych związków organicznych. Jednak w innych przypadkach widma masowe nie różnią się tak znacznie. Z tego względu należy zbadać większą liczbę próbek oraz zastosować metody statystyczne w celu wykrycia ewentualnych istotnych różnic.

Bibliografia

- [1] Spakowicz D. J., Strobel S. A., Appl. Microbiol. Biotechnol. 99, 4943 (2015).
- [2] Karlshøj K., Larsen T. O., J. Agric. Food Chem. 53, 708 (2005).
- [3] Wróblewski T., Kamińska A., Włodarkiewicz A., Ushakou D., Acta Phys. Pol. B 13, 899 (2020).
- [4] Korpi A., Järnberg J., Pasanen A.-L., Crit. Rev. Toxicol. 39, 139 (2009).

Zastosowanie techniki PTR-MS do badań jakości produktów spożywczych na przykładzie emisji lotnych związków organicznych z kawy

T. Wróblewski¹, G. Karwasz²

¹*Instytut Nauk Ścisłych i Technicznych,
Uniwersytet Pomorski w Słupsku,
ul. Arciszewskiego 22A, 76-200 Słupsk*

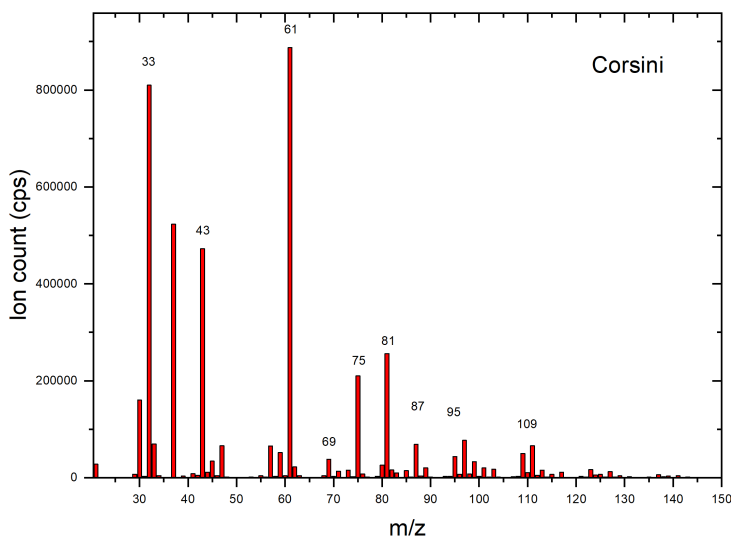
²*Instytut Fizyki,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu,
ul. Grudziądzka 5, 87-100 Toruń
e-mail: tomasz.wroblewski@upsl.edu.pl*

Kawa jest jednym z tych produktów spożywczych, w których aromat jest tak samo ważny dla konsumentów, jak smak samego napoju. Aromat ten tworzy mieszanina wielu lotnych związków organicznych (LZO), a na jego charakter ma wpływ wiele czynników. Należą do nich gatunek kawy, położenie geograficzne oraz warunki glebowe plantacji, sposób przechowywania po zbiorze czy też proces palenia ziaren, podczas którego zachodzi cały szereg procesów, takich jak reakcje rozpadu związków nielotnych, zawartych w kawie surowej, piroliza, karmelizacja oraz reakcje Maillarda. Jedną z najczęściej stosowanych metod badania LZO z produktów spożywczych jest chromatografia gazowa. W niniejszej pracy natomiast, do badań emisji LZO z próbek kawy zastosowano spektrometrię masową z reakcją przekazu protonu (PTR-MS) [1].

Próbki kawy użyte do badań zostały podzielone na dwie grupy. Pierwszą z nich stanowią różne odmiany mielonej przez producentów kawy, zakupione w supermarketach. Do grupy tej należą kawy z Niemiec, Polski oraz Włoch. Wszystkie kawy to odmiana arabica, najprawdopodobniej z wyjątkiem niemieckiej kawy, która, jak podaje producent, jest mieszkanką różnych kaw. Druga grupa próbek to kawy z małej palarni w Ustce. Są to Brazil Yelow Bourbon, Columbia Excelso, Peru Tunki, Honduras Typica oraz Costa Rica San Rafael, wszystkie odmiany arabica. Kawy te były one palone w tych samych warunkach.

Metodyka badań była podobna do tej opisanej w pracy [2]. W skrócie, próbki kawy o jednakowych masach 10 g umieszczono w szklanych naczyniach przykrytych folią aluminiową. Przez mały otworek w folii do naczyń wprowadzana była kapilara zasysająca powietrze do spektrometru. Dla każdej z próbek wykonano po pięć skanów w zakresie mas od 21 do 300. Przykładowe widmo masowe kawy przedstawiono na Rysunku 1. Stwierdzono istotne różnice pomiędzy widmami masowymi uzyskanymi, dla kaw zakupionych w sklepie oraz kaw z palarni, przy czym różnice pomiędzy widmami masowymi dla próbek kaw ze sklepu są dość znaczne, natomiast widma masowe dla kaw z palarni są podobne. Ponadto, dla kaw z palarni, całkowita emisja LZO

była większa ze względu na krótki czas, jaki upłynął od prażenia i mielenia kawy do wykonania pomiarów widm masowych.



Rysunek 1: Przykładowe widmo masowe kawy Corsini zakupionej w supermarkecie. Zaznaczono liczby masowe dla niektórych pików. Odpowiadają one następującym LZO [3]: 33 – metanol, 61 – kwas octowy, 69 – furan, 75 – octan metylu, 81 – pirazyna, 87 – butanediol, 95 – fenol, 109 – dimetylopirazyna

Podziękowania

We thank Dr Franco Biasioli for kind hosting in his laboratory.

Bibliografia

- [1] Lindinger W., Hansel A., Jordan A., Chem. Soc. Rev. 27, 347 (1998).
- [2] Wróblewski T., Kamińska A., Włodarkiewicz A., Ushakou D., Acta Phys. Pol. B Proc. Suppl. 13, 899 (2020).
- [3] Biasioli F., Gasperi F., Aprea E., Endrizzi I., Framondino V., Marini F., Mott D., Märk T. D., Food Qual. Prefer. 17, 63 (2006).

Neutrony dla polskiej nauki

W. Zając

*Instytut Fizyki Jądrowej
Polskiej Akademii Nauk,
u. Radzikowskiwgo 152, 31-242 Kraków
koordynator konsorcjum
«Neutrony dla Polskiej Nauki»
e-mail: wojciech.zajac@ifj.edu.pl*

Polscy użytkownicy wiązek neutronów do badania materii (w zakresie fizyki, chemii, nauk materiałowych czy *life sciences*), zarówno aktywni, jak przyszli, mogą występować o czas pomiarowy w najważniejszym, dysponującym najjaśniejszym źródłem neutronów i zestawem wysokooptymalizowanych instrumentów badawczych Instytucie Lauego-Langevina (ILL) [1] w Grenoble, a równocześnie przygotowują się do uruchomienia Europejskiego Źródła Spalacyjnego (ESS) [2] w Lund (Szwecja). Dostęp do ILL umożliwia składka członkowska, pokrywana dzięki środkom przyznanym przez Ministerstwo Edukacji i Nauki. Przyszły dostęp do ESS w fazie eksploatacyjnej (warunków jeszcze nie znamy) będzie naturalną konsekwencją znacznego zaangażowania Polski w budowę tego ośrodka. Instytut Lauego-Langevina, po zakończeniu dużego programu modernizacyjnego *Endurance* oraz rocznej przerwy technicznej, oferuje możliwości badawcze na najwyższym, dostępnym na świecie, poziomie. ESS, w wielu aspektach, będzie jeszcze doskonalszym ośrodkiem badań neutronowych.

Równocześnie rozwój metod synchrotronowych umożliwia użycie obydwu tych technik w sposób komplementarny, wykorzystując np. różnice kontrastu w rozpraszaniu neutronów i fotonów (por. badania nowoczesnych baterii i urządzeń do magazynowania energii). Komplementarność ta dostępna jest nawet na poziomie pojedynczego instrumentu badawczego, por. *NeXT-Grenoble (Neutron and X-ray Tomograph)* [3]. Silna zależność przekroju czynnego na rozpraszanie neutronów od izotopu pierwiastka, stwarza warunki do badań z podstawieniem izotopowym, możliwe dzięki unikatowej ofercie Laboratorium Deuterowania na potrzeby *life sciences* (Deuterium Laboratory, D-LAB) [4]. Analogiczne wkrótce powstanie przy ESS [5].

Prezentacja graficzna możliwości badawczych metodami rozpraszania neutronów wsparta zostanie wersją rozszerzoną, która będzie dostępna na stronach www konsorcjum «Neutrony dla Polskiej Nauki». Możliwości te rozwijają się zarówno w kierunku ambitnych badań, dotychczas skrajnie trudnych ze względu na rozmiar dostępnych próbek (np. trudne do otrzymania monokryształy, konieczność pracy z wiązką spolaryzowaną, itp.), jak w kierunku nauk o życiu (*life sciences*), czego przykładem jest pomiar fononów akustycznych w spirali DNA [6] czy niedawne badania wirusa COVID-19.

Bibliografia

- [1] <https://www.ill.eu/>
- [2] <https://europeanspallationsource.se/>
- [3] <https://next-grenoble.fr/>
- [4] <https://www.ill.eu/de/users/support-labs-infrastructure/deuterium-laboratory>
- [5] <https://deuterium.net/deuterium-network-members/>
- [6] van Eijck L., Merzel F., Rols S., Ollivier J., Forsyth V. T., Johnson M. R., Phys. Rev. Lett. 107, 088102 (2011).

Przestrzeń uczenia (się) fizyki – jako środek dydaktyczny

J. Biel-Kiepusa

*Zespół Szkół Nr 6,
ul. Nowodworska 70-82, 54-438 Wrocław
e-mail: joanna.biel.kiepusa@wp.pl*

„Cel – PRZETRWANIE”. Zdarzyło się kiedyś Państwu wstać rano z taką myślą? Oczywiście przez słowo „przetrwanie” nie mam na myśli „tylko przeżyć”, jak nasi uczniowie. Ale przeżyć dzień tak, by... było WARTO. Ułożyliście plan działań w pracy na dziś? Zaplanowaliście typ lekcji: wprowadzająca, utrwalająca, kontrolna? [1] A rodzaj lekcji: podająca, problemowa, mieszana, ćwiczeniowa, eksponująca? Środki dydaktyczne, temat i cele? A metody i formy pracy? Wielopoziomowość i dostosowanie do indywidualnych potrzeb uczniów? Wszystkie te elementy są niezbędne by dobrze zaplanować proces dydaktyczny pozwalający uczniowi osiągnąć sukces edukacyjny [4]. Lubię myśleć, że idę do pracy, jak na spotkanie z koleżanką przy kawie. Nastawienie i miejsce to połowa sukcesu, właściwie różnica jest tylko w tematyce rozmowy. Zadbajmy sami o własny dobrostan zawodowy. Zmieńmy przestrzeń pracy – obniża ona poziom stresu szkolnego, wzbudza zainteresowanie ucznia, angażuje w proces lekcji, daje bezpieczeństwo emocjonalne i poczucie przynależności do zespołu oraz podwyższa samoocenę ucznia. Na proces zapamiętywania wpływa to jak postrzegamy świat, to jak w różny sposób podchodzimy do rozwiązywania problemów. Sposoby pracy mózgu mają znaczny wpływ na sposób zapamiętywania, jak i również przetwarzania informacji. Systemy percepcyjne człowieka umożliwiają mu widzieć, słyszeć, czuć smak, zapach, dotyk i zmiany temperatury. Jest to także poczucie świadomości otoczenia. Poczucie bezpieczeństwa, spokoju i uzyskania sukcesu edukacyjnego, na miarę ich możliwości odwraca ich uwagę tego jak „fizyka jest trudna”. By przyciągnąć uczniów na „naszą stronę mocy”, najważniejsza jest autentyczność. Jakie miejsce Ty sam najczęściej wybierasz do „uczenia się” – twarde krzesło przy biurku? Pomyśl o przestrzeni jak o bodźcu ułatwiającym zapamiętywanie – dobrej kawiarni, świetnej sali: treningowej lub wystawowej, kuchni, korytarzu, muzeum, kinie, trawniku... Gee (2006) używa stwierdzenia skoncentrowane na człowieku wytyczne projektowe, które opierają się na założeniach, że ludzki mózg jest społeczny i zorganizowany niezwykle indywidualnie oraz, że uczymy się nie tylko skupiając naszą uwagę, ale także nieświadomie. Na tej podstawie opisała kilka cech przestrzeni uczenia się skoncentrowanych na człowieku w następujący sposób:

- sprzyjające zdrowiu – ergonomiczne i wygodne,
- stymulujące – sensoryczne, zaskakujące, przejrzyste lub kolorowe, naśladujące naturę,

- równoważące możliwość socjalizacji i samotności – oferujące zarówno prywatne, ciche przestrzenie, jak i przestrzenie do współpracy,
- adaptowalne – elastyczne, oferujące poczucie własności, zmienne i mobilne, wyposażone w technologię i miejsca, gdzie można zaprezentować wizualne efekty uczenia się [6].

Planując pojedynczą lekcję, jak również cały proces dydaktyczny należy pamiętać o czynnikach mających wpływ na przyswajanie wiedzy, takich jak: czas, miejsce, poczucie bezpieczeństwa, relacje społeczne. W innowacyjnych metodach pracy z grupą, przede wszystkim należy pamiętać o uważności na uczestników i procesie, po to by uzyskać jak najlepszy efekt edukacyjny, który wpłynie długoterminowo na ich rozwój i wiedzę.

Bibliografia

- [1] Chamczyk R., O budowie i typach lekcji nie tylko dla młodych nauczycieli, Efektywne nauczanie, Niepubliczny Ośrodek Doskonalenia Nauczycieli Supernauczyciel.pl.
- [2] Płusa S., Innowacyjne metody pracy z uczniem zdolnym, Uniwersytet Opolski, Repository of Opole University, 2022-07-20.
- [3] Gruszczyk-Kolczyńska E., Zielińska E., Wspomaganie dzieci w rozwoju zdolności do skupiania uwagi i zapamiętywania, WSiP 2005.
- [4] Hayward M., Teaching as a primary therapeutic intervention for learners from refugee backgrounds, Intercult. Educ. 28, 165-181 (2017).
- [5] Johnson D. W., Ahlgren A., Relationship between student attitudes about cooperation and competition and attitudes toward schooling, J. Educ. Psychol. 68, 92-102 (1976).
- [6] Projekt Novigado, Przestrzeń w edukacji. Poradnik dla szkół, czerwiec 2021. <https://docplayer.pl/227159793-Przestrzen-w-edukacji-poradnik-dla-szkol.html>
- [7] Biel-Kiepusa J., Edukacyjna czasoprzestrzeń – trenerska lekcja fizyki, Biuletyn Polskiego Stowarzyszenia Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych „Nauczanie przedmiotów przyrodniczych”, nr 76, Kraków/Toruń 2022.

Rekonstrukcja matematyczna zasad dynamiki Arystotelesa wzorowana na rekonstrukcji zasad dynamiki Newtona

G. M. Koczan

*Katedra Mechanicznej Obróbki Drewna,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
Członek Polskiego Towarzystwa Fizycznego
e-mail: grzegorz.koczan1@sggw.edu.pl*

Z badań własnych autora (Koczan 2021, 2023) wynika, że *Fizyka* Arystotelesa (Arystoteles 350 p.n.e, Leśniak 1968) nie posiada wyczerpującej i w pełni poprawnej interpretacji matematycznej, zwanej rekonstrukcją. Praktycznie żadna znana rekonstrukcja nie odwołuje się do obydwu proporcji Arystotelesa z ksiąg IV oraz VII, ale odwołuje się tylko do jednej z nich. Co więcej, podważany jest nawet status ilościowego charakteru dynamiki Arystotelesa, a jednocześnie podawana jest wybiórczo jedna z proporcji ruchu Arystotelesa, celem zanegowania. Mimo tej sprzecznej opinii uważa się, że nauka i fizyka narodziła się w Grecji (Drozdowski 2001, Wróblewski 2007), a mechanika Arystotelesa może być zrekonstruowana zgodnie z kanonem współczesnej nauki (Hadryś 1998).

Wzorując się na współczesnej rekonstrukcji dynamiki Newtona, wiadomym jest, iż dynamikę Newtona można oprzeć na drugiej zasadzie dynamiki. Pierwsza zasada dynamiki Newtona, a nawet trzecia zasada dynamiki Newtona wynika w pewnym sensie z zasady drugiej (Hertz 1894, Huber 1912). Podobnie jest z rekonstrukcją zasad dynamiki Arystotelesa – kluczowy jest tutaj jakiś ekwiwalent drugiej zasady dynamiki. Autorowi udało się zunifikować dwie proporcje Arystotelesa z ksiąg IV oraz VII w jedną proporcję, a ściślej w jedno równanie drugiej zasady dynamiki Arystotelesa. Unifikacja ta nie wymagała nawet modyfikacji proporcji oryginalnych, a jedynie interpretacji oporu ruchu (lub gęstości ośrodka) w charakterze współczynnika oporu. Druga zasada dynamiki Arystotelesa implikuje zerową zasadę (zasadę spoczynku) oraz częściowo pierwszą zasadę dynamiki Arystotelesa. Ta ostatnia implikacja nie jest pełna i zgodnie z oryginałem dopuszcza ona klasę ruchów po okręgu. Zasada trzecia informuje zaś od czego zależy współczynnik oporu ciała, poruszającego się w ośrodku. W charakterze zasady korespondencji z dynamiką Newtona podana jest też dodatkowa czwarta zasada.

Wszystkie zrekonstruowane zasady dynamiki Arystotelesa przedstawione są w zbiorczej tabeli, wraz z zasadami dynamiki Newtona. Ponadto w odpowiednich kolumnach zarysowano pierwowzory niektórych zrekonstruowanych zasad, możliwie bliskie oryginałom (Arystoteles, Leśniak 1968; Newton, Wawrzycki 2011). Stąd jest

widoczne, że druga zasada dynamiki Newtona uległa istotnemu ulepszeniu (Pourciau 2011, Sharma 2017), a za obecny jej kształt odpowiada Euler (Euler 1752). Jeżeli zatem rekonstrukcja zasad Newtona może podlegać ulepszeniom, to czemu rekonstrukcja zasad Arystotelesa ma pozostać w stanie gorszym od oryginału?

Bibliografia

- [1] Arystoteles (350 p.n.e.), tłum. Leśniak K. (1968), *Fizyka, Corpus Aristotelicum 184a-267b*, PWN, Warszawa.
- [2] Newton I. (1687), tłum. Wawrzycki J. (2011), *Matematyczne zasady filozofii przyrody*, Copernicus Center Press, Kraków.
- [3] Euler L. (1752), *Découverte d'un nouveau principe de mécanique* (Discovery of a new principle of mechanics), *Mémoires de l'académie des sciences de Berlin* 6, 185-217.
- [4] Hertz H. (1894), *Die Prinzipien der Mechanik in neuem zusammenhange Dargestellt* (Zasady mechaniki przedstawione w nowym kontekście), J. A. Barth, Lipsk.
- [5] Huber M. T. (1912), *Rola teorii w umiejętnościach technicznych*, wykład inauguracyjny Politechniki Lwowskiej, *Czasopismo Techniczne* XXX, 30.
- [6] Hadryś H. (1998), *O rekonstrukcji fizyki Arystotelesa*, *Nowa Krytyka* 9, 173-187.
- [7] Drozdowski H. (2001), *Nauka narodziła się w Grecji*, *Fizyka w Szkole* 258, 5-14.
- [8] Wróblewski A. K. (2007), *Historia fizyki*, PWN.
- [9] Pourciau B. (2011), *Is Newton's second law really Newton's?*, *American Journal of Physics* 79, 1015-1022.
- [10] Sharma A. (2017), *Newton's second law of motion, $F = ma$; Euler's or Newton's?*, *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology* 6, 57-79.
- [11] Koczan G. M. (2021), *Obrona Arystotelesa: rekonstrukcja jego dynamiki niesprzecznej z obserwacją*, www.researchgate.net/publication/356554413, DOI:10.13140/RG.2.2.10119.52647.
- [12] Koczan G. M., *monografia złożona do recenzji w kwietniu (2023), OBRONA „FIZYKI” ARYSTOTELESA – Matematycznie ujednolicona rekonstrukcja niesprzecznej z obserwacją dynamiki Arystotelesa*, Wydawnictwo SGGW.

Wybrane inspiracje dydaktyczne: gra sportowo-edukacyjna o LHC, eseje fizyczne, gamyfikacja

A. Kołodziej

*ŻAGLE Szkoła Podstawowa i Liceum Ogólnokształcące
Stowarzyszenia STERNIK,
ul. Pożaryskiego 28, 04-703 Warszawa
e-mail: aleksander.kolodziej@sternik.edu.pl*

Plakat przedstawia wybrane pomysły dydaktyczne, które mogą być inspirujące dla nauczycieli. A wśród nich:

- Gamifikacja – fascynująco pozytywne i poruszające doświadczenia z gamifikacją nauczycielki Małgorzaty Sadowskiej-Szklorz, o których pozwoliła mi opowiedzieć. Uczniowie tak zapasjonowali się udziałem w grze, opartej na przygodach astronauty eksplorującego Układ Słoneczny, że w rezultacie niezwykle chętnie i pilnie uczyli się chemii. Po zakończeniu szkoły podstawowej wymogli na nauczycielce, by gamifikację kontynuować w liceum.
- Eseje, a w zasadzie wypracowania z fizyki. Pomysł stary, ale jary – zwłaszcza w przypadku uczniów nierozszerzających fizyki. Ale chyba nie tylko. Bo czy publikacje naukowe nie są czymś podobnym do wypracowań?
- Gra edukacyjno-sportowa o Wielkim Zderzaczu Hadronów. Jak na boisku szkolnym przeżyć przygodę protonów rozpędzanych do 99.999% prędkości światła w próżni? Wystarczą balony, cukierki, wykałaczki i trochę taśmy.

Kłopoty z energią mechaniczną i wewnętrzną

L. Lehman

*II Liceum Ogólnokształcące
im. M. Kopernika w Głogowie,
ul. Ignacego Daszyńskiego 15, 67-200 Głogów
e-mail: ludwiklehman@gmail.com*

W nauczaniu fizyki bardzo ważna jest spójność przekazu, ale są z nią kłopoty często nie dostrzegane przez specjalistów. Ten brak spójności będzie omówiony na przykładzie energii wewnętrznej i mechanicznej. W praktyce różne są poglądy na to, jakie rodzaje energii wchodzą w skład energii wewnętrznej. Czy energia elektronów w atomie jest jej częścią? A energia jądrowa? Jeśli nie, to trzeba by uznać, że np. wnętrze Ziemi jest ogrzewane przez źródło zewnętrzne...

Z kolei energia mechaniczna jest precyzyjnie zdefiniowana, ale również są wątpliwości. Czy np. energia elektronu w atomie to energia mechaniczna? Zgodnie z jej definicją odpowiedź powinna być twierdząca. Jednak w termodynamice energia (i praca) mechaniczna jest przeciwstawiana energii wewnętrznej...

Po krótkim omówieniu niespójności będzie przedstawiona propozycja jej wyeliminowania.

Films4edu – eksperymentuj z nami!

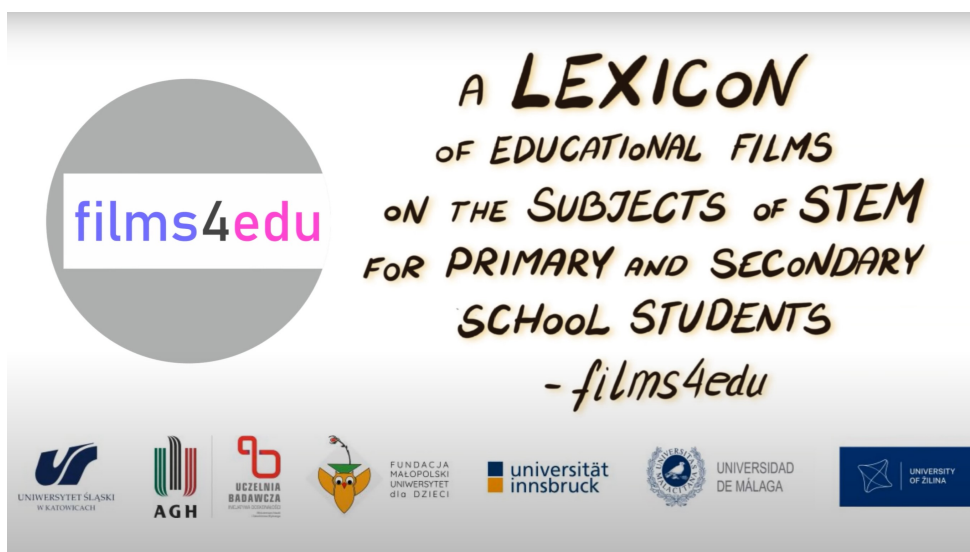
M. Łaciak, A. Szczygielska-Łaciak, D. Kajewski

*Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych w Chorzowie,
Uniwersytet Śląski w Katowicach,
u. 75 Pułku Piechoty 1A, 41-500 Chorzów
e-mail: aneta.szczygielska@us.edu.pl*

Films4edu to leksykon 100 filmów dydaktycznych z fizyki i chemii, które powstały podczas realizacji projektu Erasmus+:

*A lexicon of educational films on the subject of STEM
for primary and secondary school students - films4edu*

Projekt był realizowany przez Wydział Nauk Ścisłych i Technicznych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, w partnerstwie z uczelniami polskimi i europejskimi: Akademią Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie, Małopolskim Uniwersytetem dla Dzieci w Chrzanowie, Uniwersytetem w Żilinie (Słowacja), Uniwersytetem w Innsbrucku (Austria) i Uniwersytetem w Maladze (Hiszpania).



Rysunek 1: Plansza tytułowa leksykonu films4edu

Celem projektu było opracowanie filmów z zakresu fizyki i chemii, które mogą stanowić pomoc dydaktyczną dla nauczycieli i uczniów podczas nauczania zarówno w formie stacjonarnej i zdalnej.

Przygotowane filmy prezentują proste eksperymenty z fizyki i chemii, które mogą być wykorzystywane podczas lekcji przez nauczycieli zarówno szkół podstawowych, jak i średnich. Tematyka eksperymentów zgodna jest z obowiązującymi podstawami programowymi. W leksykonie zawarte zostały także filmy ilustrujące wykorzystanie i zastosowanie praw, reguł i zjawisk w życiu codziennym. Zgodnie z ideą STEM, przygotowane filmy pokazują, że nauki przyrodnicze są ze sobą powiązane.

Sposób wykonywania i prezentacji eksperymentów na filmach został tak pomyślany, aby umożliwić nauczycielowi swobodę działania i wykorzystywania filmów na różnych etapach lekcji. Filmy stanowią uniwersalną pomocą dydaktyczną. Nauczyciel ma możliwość wykorzystania filmów na początku lekcji – jako wprowadzenie, realizując właściwy temat – jako ilustrację omawianego zagadnienia oraz na końcu lekcji – jako powtórzenie i utrwalenie nowopoznanego materiału. Wybrana forma filmów, zgodnie z modelem STEM, daje możliwość takiego poprowadzenia lekcji, aby pobudzić uczniów do samodzielnego myślenia, myślenia przyczynowo-skutkowego, wyciągania wniosków z obserwacji czy kreatywnego działania.

Sfilmowane eksperymenty wykonywane są zarówno z wykorzystaniem pomocy dydaktycznych, jak i materiałów codziennego użytku, tak aby nauczyciele wraz z uczniami mogli je wykonać samodzielnie podczas lekcji.

Do filmów przygotowane zostały scenariusze, które zawierają spis pomocy dydaktycznych, wykorzystanych do doświadczenia, opis doświadczeń oraz podpowiedzi w jaki sposób można wykorzystać dany materiał.

Powstała baza jest bezpłatna i ogólnie dostępna na kanale YouTube:

<https://www.youtube.com/@films4edu607/videos>

oraz na stronie projektu na Wydziale Nauk Ścisłych i Technicznych Uniwersytetu Śląskiego:

<https://us.edu.pl/wydzial/wnst/en/strona-glowna/realizowane-projekty/projekty-dydaktyczne-pozostale/pinus/szkola/films4edu/movies/>

Podziękowania

Działania w projekcie współfinansowane były w ramach programu Erasmus+. Dziękujemy Wszystkim Partnerom za wkład pracy i wspaniałe wspólne chwile na planie filmowym. W szczególności dziękujemy Zespołowi z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie: Pawłowi Janowskiemu i Michałowi Kud, za pomoc i wszystkie cenne uwagi.



Erasmus+



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

Graphical Approach to Bell's Inequalities

K. Rębilas

*Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie,
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
e-mail: krzysztof.rebilas@ur.krakow.pl*

A graphical representation of entangled particles, first proposed by Eberhard [1], is used to provide an insight into the meaning and direct consequences of the local realism assumption. Thanks to the graphical approach, the restrictions imposed by local realism on possible outcomes in experiments are easy to grasp and evaluate quantitatively. Also, the method appears to be quite prolific and universal because, by means of a single concept, it enables us to prove a variety of different Bell-type theorems like the original inequality developed by Bell [2] as well as the ones presented by Clauser, Horne, Shimony and Holt [3], Clauser and Horn [4], Eberhard [1], d'Espagnat [5] and Macone [6]. The pedagogical and illustrative nature of the presented attitude makes it easy to see directly how all the miscellaneous inequalities are actually rooted in the local realistic view on microscopic particles [7].

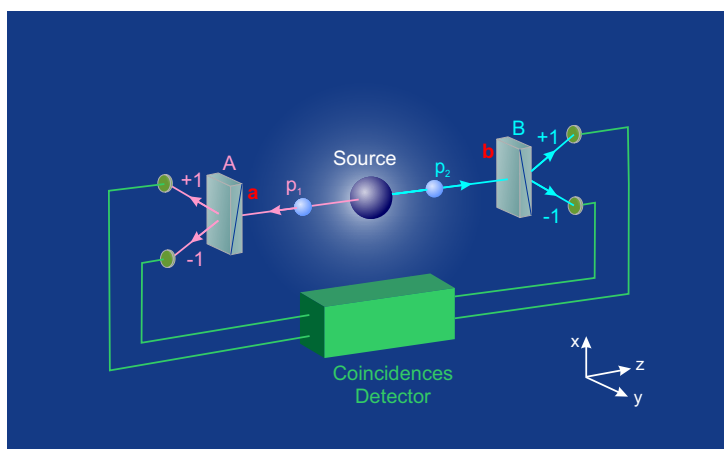


Figure 1: An apparatus for investigating Bell's inequalities. In a source, a pair of entangled particles is created. The analyzers measuring properties A and B (spin, polarization) may be oriented along an arbitrary directions $\mathbf{a}$ and $\mathbf{b}$, respectively, in the plane x - y

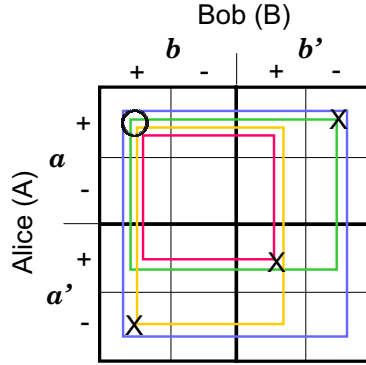


Figure 2: The pairs of particles giving the outcomes $(a+, b+)$ separate into four classes depicted by the four rectangles. Because at least one of the corners of the rectangles falls into one of the the boxes with the mark "X", the number $n^{++}(a,b)$ of these pairs is not greater than the sum of the numbers of pairs giving the outcomes indicated by the marked boxes, i.e. $n^{++}(a,b) \leq n^{+-}(a,b') + n^{-+}(a',b) + n^{++}(a',b')$, which is the Eberhard inequality

References

- [1] Eberhard P. H., Background level and counter efficiencies required for a loophole-free Einstein-Podolsky-Rosen experiment, *Phys. Rev. A* 47, R747-R750 (1993).
- [2] Bell J. S., On the Einstein Podolsky Rosen paradox, *Physics* 1, 195-200 (1964).
- [3] Clauser J. F., Horne M. A., Shimony A., Holt R. A., Proposed Experiment to Test Local Hidden-Variable Theories, *Phys. Rev. Lett.* 23, 880-884 (1969).
- [4] Clauser J. F., Horne M. A., Experimental consequences of objective local theories, *Phys. Rev. D* 10, 526-535 (1974).
- [5] d'Espagnat B., The Quantum Theory and Reality, *Scientific American* 241, 158-181 (1979).
- [6] Maccone L., A simple proof of Bell's inequality, *Am. J. Phys.* 81, 854-859 (2013).
- [7] Rebilas K., Graphical approach to Bell's inequalities, *Am. J. Phys.*, submitted.

Eksperyment zdalny w pracowni fizycznej

S. A. Róžański

*Katedra Elektrotechniki,
Akademia Nauk Stosowanych im. Stanisława Staszica w Pile,
ul. Podchorążych 10, 64-920 Pila
e-mail: srozanski@ans.pila.pl*

W procesie nauczania fizyki oraz przedmiotów technicznych, oprócz opisu teoretycznego badanego zjawiska, niezbędna jest umiejętność wykonywania doświadczeń, zbierania, interpretowania i prezentowania w postaci tabel i wykresów uzyskanych wyników pomiarów [1, 2]. Wprowadzenie komputerów do laboratoriów fizycznych z odpowiednim oprogramowaniem oraz interfejsami pomiarowymi pozwala w znacznym stopniu na usprawnienie procesu dydaktycznego oraz zapoznanie się studentów/uczniów z nowymi technologiami, stosowanymi na co dzień w zaawansowanych laboratoriach naukowych czy przemysłowych. Jednakże, nie zawsze możliwy jest bezpośredni dostęp do nowoczesnej aparatury pomiarowej ze względu na koszty i inne problemy organizacyjne. Rozwiązaniem tych trudności może być laboratorium wirtualne, gdzie korzysta się z oprogramowania komputerowego, symulującego graficznie przebieg zjawiska oraz przyrządy pomiarowe. Drugą możliwością, bardziej interesującą z punktu widzenia dydaktycznego, jest laboratorium zdalne, gdzie eksperymentator obserwuje przebieg rzeczywistego zjawiska fizycznego oraz ma zdalny dostęp, poprzez odpowiednie oprogramowanie i sieć telekomunikacyjną (np. Internet), do przyrządów faktycznie znajdujących się w odległym laboratorium [3].

Zdalny dostęp do laboratorium fizycznego ma szereg zalet, a mianowicie [4]:

- umożliwia kontynuację zajęć dydaktycznych mimo ograniczeń wynikających ze zdarzeń losowych, np. pandemia, itp.,
- pozwala na przeprowadzenie rzeczywistego doświadczenia oraz zbieranie prawdziwych danych pomiarowych w celu ich późniejszego opracowania,
- eksperymenty dostępne są z dowolnego miejsca i w dowolnym czasie,
- zapewnione jest bezpieczeństwo przyrządów pomiarowych poprzez odpowiednie oprogramowanie sterujące.

W pracy zostaną zaprezentowane i omówione wybrane doświadczenia z różnych działów fizyki, które wykorzystano do prowadzenia zdalnego laboratorium fizycznego w okresie pandemii.

Bibliografia

- [1] Róžański S. A., *Acta Phys. Pol. B*, 13, 937 (2020).
- [2] Róžański S. A., *Komputer w Szkole* 3, 38 (2000).
- [3] Lustig F., Brom P., Kuriscak P., Dvorak J., “Hands-on-Remote” Laboratories. In: Auer M., Langmann R. (eds), *Smart Industry & Smart Education. REV 2018. Lecture Notes in Networks and Systems*, 47 (2019), Springer, Cham.
- [4] Róžański S. A., *Eksperyment zdalny w nauczaniu fizyki*, IV Międzynarodowa Konferencja Naukowa Media a Edukacja, UAM Poznań, 20-23 kwietnia 2002, Materiały konferencyjne, Tezy i referaty, CD-ROM.

Nowoczesna popularyzacja fizyki

E. Rydygier^{1,2}

¹*McLeod Institute of Simulation Sciences, Branch in Poland*

²*Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny
im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu,
ul. Malczewskiego 29, 26-600 Radom
e-mail: erydygier@gmail.com*

Nowoczesna popularyzacja fizyki oprócz wykorzystania takich mediów, jak prasa, filmy i telewizja to także użycie nowych mediów, jakimi są sieci społecznościowe. Wykorzystanie nowych mediów do popularyzacji nauki budzi w Polsce obawy środowiska profesorskiego, gdyż wydaje się być zajęciem niepoważnym. Argumentem za wykorzystaniem w popularyzacji nowych technologii informatycznych jest możliwość dotarcia do takich kręgów odbiorców, które za pomocą tych środków czerpią wiedzę o świecie. Poza tym portale społecznościowe dają możliwość bezpośredniego dotarcia do konkretnego człowieka [1, 2].

Obecnie także popularyzacja książkowa musi zmienić formę, tzn. odejść od formy tradycyjnej, czyli opowiadania o istocie i osiągnięciach danej dziedziny nauki. Nowatorstwo może polegać na podbudowie treści merytorycznych ciekawym rysem historycznym, co trafia do czytelnika o zainteresowaniach humanistycznych (por. Ian Stewart, „17 równań które zmieniły świat”). Narracja przyjmuje też oryginalną formę fantastyczną, jak np. rozmowy z psem o fizyce (por. Chad Orzel, „Jak nauczyć fizyki swojego psa”) czy formę klasycznej science-fiction (por. Cixin Liu, „Problem trzech ciał”). Chad Orzel, autor książki „Jak nauczyć fizyki swojego psa” (Wyd. Prószyński i S-ka, Warszawa 2012), profesor na Wydziale Fizyki i Astronomii w Union College w stanie Nowy York z wielkim poczuciem humoru i w klarowny sposób wyjaśnia swojemu psu, co to jest fizyka kwantowa i jak funkcjonuje, co powoduje, że czytelnik postrzega inaczej cały świat. Forma science-fiction do popularyzacji nauki jest używana w książkach w różny sposób. Niektórzy popularyzatorzy próbują wykorzystać utwory science-fiction, w tym także filmy (np. „Star Trek”), do wyjaśniania odbiorcom, które rozwiązania techniczne opisane przez autora mają sens naukowy, a które są już czystą fantazją. Uczynił tak Ian Stewart (por. trzy tomy „Nauki Świata Dysku”, napisane wspólnie z Terryem Pratchettem i Jackiem Cohenem). Fantastyką naukową opartą na „twardej” nauce i w dodatku rozgrywającą się w środowisku fizyków, jest światowy bestseller chińskiego inżyniera elektryka Cixin Liu pt. „Problem trzech ciał”, laureata nagrody Hugo dla najlepszej powieści w 2015 r., po raz pierwszy w historii przyznanej tłumaczonemu tekstowi. Mark Zuckerberg, twórca Facebooka, uznał ją za jedną z najbardziej wartych przeczytania książek 2015 r., a prezydent Barack Obama zabrał ją na urlop na Hawajach. Jest to pierwszy tom trylogii „Wspomnienie o przeszłości Ziemi” porównywalnego z klasycznymi cyklami s-f, jak „Fundacja” czy „Diuna”. Przetłumaczono już na język polski kolejne tomy, część II pt. „Ciemny las”, 2017, i część

III „Koniec śmierci. Wspomnienia z przeszłości”, 2018 (Dom Wydawniczy REBIS, Poznań). Cixin Liu (ur. 1963 r.), który opublikował 20 powieści i antologii z gatunku hard science-fiction jest inżynierem z wykształcenia, mimo statusu literackiej gwiazdy kontynuuje pracę w elektrowni. Chiński cykl s-f „Problem trzech ciał”, „Ciemny las”, „Koniec śmierci” stał się wydawniczym fenomenem w USA.

Popularyzacją zajmują się też sławni fizycy, jak np. profesor Stephen Hawking, słynny brytyjski fizyk teoretyk i kosmolog, który w latach 1979-2009 był profesorem matematyki na Uniwersytecie Cambridge, a następnie dyrektorem Centrum Kosmologii Teoretycznej na tejże uczelni. Hawking znany jest z takich książek popularyzatorskich jak „Krótka historia czasu”, „Teoria wszystkiego”, „Wszechświat w skorupce orzecha”, które okazały się prawdziwymi bestsellerami. Wraz z Leonardem Mlodinowem napisał kolejną książkę popularnonaukową „Wielki Projekt” (Wyd. Albatros, Warszawa 2019). „Wielki Projekt” okazał się dziełem, które rozpoczęło gorące dyskusje w środowisku naukowym, jak i wśród osób wierzących i ateistów. „Wielki Projekt” to dzieło wizjonerskie, stanowiące autorski przewodnik po odkryciach, które na nowo kształtują poglądy na istotę życia i mogą podważyć podstawowe założenia wiary. Hawking upublicznił w tej książce swoje poglądy na stworzenie świata: *Wszechświata nie stworzył ani Bóg, ani istoty nadprzyrodzone. Wszechświat powstał w sposób spontaniczny w wyniku działania fundamentalnych praw grawitacji. Nie trzeba przywoływać Boga, aby opisać proces stworzenia.* Wydawnictwo uważa, że Hawking daje odpowiedzi, których nie zdołał znaleźć Einstein, gdyż przedstawia ostateczną zagadkę życia i wszechświata. Natomiast „Publishers Weekly” tak zachwala koncepcję Hawkinga: *Nikt w sposób równie przystępny jak Hawking nie potrafi odpowiedzieć na trzy podstawowe pytania filozofii i nauki: Dlaczego istnieje raczej coś niż nic? Dlaczego istniejemy my? Dlaczego Wszechświatem rządzi właśnie ten konkretny zbiór praw, a nie inny?* Odwołanie do Einsteina przypomina znaną w swoim czasie książkę popularnonaukową „Ewolucja fizyki” – plon rozmów Leopolda Infelda (1898-1968) i Alberta Einsteina (1879-1955) prowadzonych podczas wspólnej pracy w Princeton. „Ewolucja fizyki” (wyd. polskie, Wyd. Prószyński i S-ka, Warszawa 1998) jako pierwsza w historii jeszcze przed „Krótką historią czasu” Stephena Hawkinga gościła wiele tygodni na listach bestsellerów, dochodząc nawet do pierwszego miejsca. Do chwili obecnej ukazało się blisko 200 wydań „Ewolucji fizyki” w niemal wszystkich językach świata. Dzięki najbliższemu współpracownikowi i przyjacielowi Stephena Hawkinga, Thomasowi Hertogowi możemy poznać w przystępny sposób ostateczną teorię słynnego uczonego na temat kosmosu, która rewiduje koncepcję przedstawioną w bestsellerze „Krótka historia czasu” („O pochodzeniu czasu. Ostateczna teoria Stephena Howkinga”, Wyd. Zysk i S-ka, Poznań 2023). Hertog twierdzi, że Hawking w czasie całego swojego życia próbował odpowiedzieć na pytanie: w jaki sposób wszechświat mógł stworzyć warunki tak doskonale sprzyjające życiu? W ostatnim okresie swojego życia Stephen Hawking stworzył z Thomasem Hertogiem ostateczną teorię, którą można nazwać radykalnie nową, darwinowską wizją początków naszego uniwersum. W tej wizji prawa fizyki nie są ustalone na zawsze, tylko rodzą się i ewoluują, gdy opisywany przez nie wszechświat nabiera kształtu.

Czytając książki popularyzatorskie wielkich fizyków wiele możemy się nauczyć o sprawach większych niż nasz wszechświat. Ale książki popularyzatorskie utalentowanych autorów, ale nie tak sławnych jak Einstein czy Hawking, którzy poszukują nowoczesnych form przekazu też są oczywiście cenne w dziele popularycji. Nie-

stety, z drugiej strony treści fizyczne przenikają szeroko do kultury masowej, do filmów, spektakli teatralnych, sztuk plastycznych, reklam i afiszy, skąd w sposób niekształcony oddziałują społecznie. Czyli, wracamy do zasygnalizowanego we wstępie zagadnienia właściwego wykorzystania przekazu medialnego w nauczaniu i popularyzacji fizyki [3].

Bibliografia

- [1] Rydygier E., Przekaz medialny w nauczaniu i popularyzacji fizyki, *Fizyka w Szkole* 382, 18 (2022).
- [2] Rydygier E., Media jako narzędzia pozyskiwania wiedzy fizycznej, materiały 47. ZFP, s. 204, Bydgoszcz 2021.
- [3] Rydygier E., Dydaktyka i popularyzacja fizyki, *Fizyka w Szkole* 379, 21 (2022).

O konkursie „Rok przed Maturą – Fizyka”

M. Wiertel

*Instytut Fizyki,
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie,
pl. M. Curie-Skłodowskiej 1, 20-031 Lublin
e-mail: malgorzata.wiertel@mail.umcs.pl*

Konkurs „Rok przed Maturą – Fizyka” to konkurs o wieloletniej tradycji, adresowany do uczniów przedostatnich klas liceów i techników. Główne cele konkursu to: integracja środowiska młodych pasjonatów fizyki, rozwijanie ich zainteresowań i uzdolnień oraz zapoznanie uczniów ze standardami wymagań i formułą egzaminu maturalnego z fizyki. Konkurs ma 2 etapy. Pierwszy odbywa się w szkołach zgłoszonych do konkursu, drugi – finał – w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. W obu etapach uczestnicy konkursu rozwiązują zadania z wybranych działów fizyki. Arkusze zadań konkursowych są podobne do arkuszy maturalnych i zawierają zadania różnego typu: otwarte rozszerzonej odpowiedzi, zamknięte typu prawda-falsz oraz zamknięte wielokrotnego wyboru. Rozwiązania zadań I etapu sprawdzają i oceniają, na podstawie przygotowanych przez organizatorów kryteriów, nauczyciele fizyki w szkołach. Prace finalistów są sprawdzane i oceniane w dniu finału przez przedstawicieli nauczycieli uczestników konkursu oraz pracowników Instytutu Fizyki UMCS. W czasie przewidzianym na sprawdzanie prac uczniowie zwiedzają laboratoria Instytutu Fizyki oraz uczestniczą w wykładzie na temat najnowszych osiągnięć fizyki. Każdego roku około dziesięciu najlepszych uczniów i ich nauczycieli otrzymuje atrakcyjne nagrody.

Informacje o konkursie można znaleźć na stronie:

<https://archimedes.umcs.pl>

Podziękowania

W latach 2022-2024 konkurs jest finansowany przez Ministerstwo Edukacji i Nauki w ramach programu Społeczna Odpowiedzialność Nauki, Popularyzacja nauki i promocja sportu (projekty: SONP/SP/514019/2021 „Ucz się z MaFiI-ą 2” oraz SONP/SP/548749/2022 „Ucz się z MaFiI-ą 3”).

Fizykoiny – zgamifikowana metodyka nauczania fizyki w liceum

M. Wtulich^{1,2}

¹*Katedra Chemii i Technologii Materiałów Funkcjonalnych,
Politechnika Gdańska,
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk*

²*II Liceum Ogólnokształcące im. Bolesława Chrobrego,
al. Niepodległości 751, 81-838 Sopot
e-mail: mariusz.wtulich@pg.edu.pl*

Nauczanie dziedziny fizyki w szkole średniej obejmuje rozległy zakres tematyczny, w którym zawarte są kluczowe zagadnienia z różnych obszarów: od równań kinematycznych, przez prawa dynamiki, termodynamiki, zasady elektromagnetyzmu, aż po fizykę kwantową kończąc na jądrowej. W podstawie programu nauczania, trwającego przez okres czterech lat, uczniowie zobligowani są do przyswojenia wiedzy w czasie około 120 godzin lekcyjnych [1]. W związku z tym, koniecznym jest stosowanie metod dydaktycznych, które pozwolą na efektywne przekazanie treści, jednakże istnieje wyzwanie w postaci ryzyka monotematyczności, co w konsekwencji może obniżać motywację uczniów do kontynuacji nauki i prowadzić do utrwalenia przekonania o wysokim stopniu trudności tych zagadnień.

W kontekście rozwiązywania tego problemu, jednym z efektywnych podejść jest wdrożenie alternatywnych metod edukacyjnych, takich jak gamifikacja oraz metoda Jigsaw [2]. Dzięki wdrożeniu tej strategii, uczniowie mają szansę zdobywać wirtualne pieniądze „Fizykoiny”, w zależności od rodzaju podejmowanych aktywności. Finalna ocena jest wówczas przeliczana z wcześniej ustaloną skalą ocen. Wartości „Fizykoinów” podlegają okresowym aktualizacjom, uwzględniającym czynniki inflacyjne – nieobecności klasy, a także osiągnięcia uczniów czy prezentacje naukowe (Jigsaw). Co miesiąc nauczyciel dokonuje aktualizacji stanu posiadanych Fizykoinów w formie zestawień tabelarycznych. Proces gromadzenia Fizykoinów przez uczniów ulega kategoryzacji na cztery główne segmenty: „Tygodniówki” (zadania tygodniowe), „Gifty” (nagrody za osiągnięcia), „Misje” (specjalne zadania edukacyjne) oraz „Pojedynki” (rywalizacja między uczniami). Uczniowie wybierają pseudonimy, które są notowane wraz z ich rzeczywistymi danymi personalnymi, ale nieznane nauczycielowi. Gwarantuje to maksymalny poziom obiektywności w ocenie. Sekcja prezentacyjna jest dedykowana wnikliwemu opisowi sposobów zbierania Fizykoinów, wraz z samooceną i ankietą końcową uczniów.

Bibliografia

- [1] Braun M., Śliwa W., Odkryć Fizykę. Szkoła Ponadpodstawowa, Nowa Era, 2019.
- [2] Caponetto I., Earp J., Ott M., Gamification and education: A literature review, Academic Conferences International Limited, 2014.

Jak nauczanie konstruktywistyczne zmienia szkolną percepcję fizyki

K. Wyborska¹, G. Karwasz²

¹*Szkoła Podstawowa im. Ziemi Kujawskiej
w Dąbrowie Biskupiej,
ul. Szkolna 2, 88-133 Dąbrowa Biskupia*

²*Katedra Dydaktyki Fizyki,
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika,
ul. Grudziądzka 5, 87-100 Toruń
e-mail: wyborskakasia@gmail.com*

Nauczanie fizyki przechodzi, szczególnie w Polsce – głęboki kryzys: brakuje odpowiednio przygotowanych młodych nauczycieli, znikają, również z dużych, państwowych uczelni katedry dydaktyki, specjalności „nauczycielskie” zamykane są z powodu braku chętnych [1]. Przy tym, abiturienti wybierający fizykę uzyskują wyniki żenująco niskie (7/100 dominanta rozkładu wyników maturalnych w 2022 r. [2]). Nauczyciele, pracownicy uczelni oraz instytucji otoczenia gospodarczego zgodnym głosem domagają się intensywnych reform – nie tylko w zakresie struktur dydaktycznych, ale przede wszystkim w treściach i sposobach nauczania.

Recepta konstruktywistyczna jest jednym z możliwych rozwiązań. Ale, o ile połowa polskich nauczycieli deklaruje chęć podjęcia konstruktywistycznych metodologii [3], ich praktyczna realizacja, a także „obudowa” teoretyczna [4] pozostają nadal sporadyczne. Nauczycielom brakuje odpowiednich materiałów dydaktycznych i/lub kompetencji zawodowych, a globalna dostępność informacji utrudnia jej selekcję. Wymaga to jednak nowych umiejętności od nauczycieli – znacznie szerszego, interdyscyplinarnego i intersektorowego ujęcia przedmiotu, świadomości i umiejętności wyjaśnienia błędnych rozwiązań oraz znajomości sposobów myślenia i potrzeb psychicznych uczniów (treści wiedzy pedagogicznej [5]). Zgodnie z opinią Stanisława Dylaka nauczyciel konstruktywista wykorzystuje wiedzę, którą uczniowie już posiadają [6].

Proponowaną przez nas metodologię nazywamy hyper-konstruktywizmem: dopasowaniem ścieżek nauczania do indywidualnych potrzeb grupy klasowej. Cytując dyskusję na wspomnianym spotkaniu, dot. reformy kształcenia nauczycieli przedmiotów ścisłych, „aby nauczyć Jasia praw Newtona, musimy nie tyle znać prawa Newtona, o ile sposoby rozumowania Jasia” [1].

Podczas konferencji zostaną pokazane przykłady takiego nauczania fizyki w kilku, dość różnych środowiskach: od klas szkolnych, przez warsztaty dla przedszkolaków, interaktywne wykłady dla uczniów. Każde środowisko wymaga innego podejścia, ale treści mogą pozostać podobne: innowacyjne, konstruktywistyczne i interaktywne podejście zapewni pomyślny wynik w każdej sytuacji dydaktycznej.

Bibliografia

- [1] Kształcenie nauczycieli przedmiotów ścisłych – wyzwania i perspektywy, Panel dyskusyjny, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Poznań, 03.06.2023.
- [2] Centralna Komisja Egzaminacyjna, https://cke.gov.pl/images/_EGZAMIN_MATURALNY_OD_2015/Informacje_o_wynikach/2022/sprawozdanieEEM_fizyka_sprawozdanie_2022.pdf (dostęp 12.06.2023).
- [3] Hernik K. (red.), Polscy nauczyciele i dyrektorzy w Międzynarodowym Badaniu Nauczania i Uczenia się TALIS 2013, Instytut Badań Edukacyjnych, Warszawa (2015). <https://talis.ibe.edu.pl/wp-content/uploads/2022/12/ibe-raport-TALIS-2013-pelny.pdf>
- [4] Karwasz G., Strategie dydaktyki kognitywistycznej: Hyper-konstruktywizm i neo-realizm. Podstawy teoretyczne, Stud. Eduk. 60, 113-134 (2021).
- [5] Shulman L., PCK, Harvard Educational Review (1987).
- [6] Dylak S., Nauczyciel konstruktywista w klasie szkolnej..., http://regal.cen.uni.wroc.pl/annex/18sep.pdf/18sep_05_dylak.pdf (dostęp 12.06.2023).
- [7] Karwasz G. P., Wyborska K., How Constructivist Environment Changes Perception of Learning: Physics is Fun, Education Sciences 13, 195 (2023).

SKOROWIDZ AUTORÓW

- Abo, S., 252
Adkins, E. M., 262
Akhshani, A., 281
Alicki, R., 70
Andrzejewski, G., 369
Arrell, C., 196
Augustyniak, B., 140
Baczmański, A., 335
Badziak, M., 288
Balashov, A. A., 262
Balcerowska-Czerniak, G., 293
Balcerzak, D., 295
Banaszek, K., 344
Baranowska, K., 259, 297, 349
Barczyński, R. J., 157
Bartkiewicz, K., 195, 401
Bartnik, A., 313
Bauch, S., 281
Bednarek, S., 408
Beldowski, P., 200
Bergmański, G., 151
Bhandari, A., 188
Białous, M., 281
Biel-Kiepusa, J., 421
Bielska, K., 262
Bier, M., 84
Biesiada, M., 234
Błachucki, W., 196
Bobrowski, M., 137
Bochentyn, B., 347, 404
Boduch, P., 274
Bodzenta, J., 331
Bogdanowicz, R., 365
Bojarski, P., 310, 387
Borkowski, J. J., 299
Bruckman, P., 265
Buczek, A., 105
Buczko, R., 129
Budnik, J., 301
Bukowicki, M., 169, 170
Celik, D., 338
Chen, Y.-H., 252
Cichomski, M., 409
Cichorek, T., 178
Cieplak, M. Z., 92
Cieślak, M., 303
Ciuryło, R., 262
Cygan, A., 262
Czudec, M. M., 305
Czwartos, J., 313
Dahan, D., 171
Dawczak, A., 306
Deja, K., 60, 62

Demkowicz-Dobrzański, R., 78

Dietl, T., 109

Dietz, B., 281

Doerffer, P., 141, 238, 240, 242, 245

Domański, T., 88

Domaracka, A., 274

Dominów, M., 307

Domysławska, J., 262

Donevski, D., 237

Downar-Zapolska, R., 75

Drozdowska, V., 309

Drozdowski, R., 329

Dubis, A., 356

Dubrovkin, J., 310

Dylnicka, S., 280

Dyrdał, A., 112

Dziedzic, J., 188

Ebert, V., 262

Farkas, G., 335

Farooq, O., 281

Fedus, K., 278

Ficek, Z., 311

Fidrysiak, M., 322

Fiedorowicz, H., 117, 313

Field, R. W., 256

Field, R. W., 211

Flaszyński, P., 238, 240, 242, 243, 245

Florjan, D., 314

Fok, T., 313

Franz, J., 303

Franz, M., 303

Ftomyn, N., 388

Fuerte, A., 404

Fülöp, Z., 138

Gadomski, A., 200

Gala, M. A., 316

Garbarczyk, J. E., 53

Gawelda, W., 119

Gazda, M., 295, 301, 305, 306, 370, 383

Gieysztor, M., 299

Gireń, B. G., 362

Glinka, A., 119

Gładysz, P., 189

Głowienka, D., 202

Gnatenko, Kh. P., 249

Gondek, J., 67, 124

Gondek, Ł., 376

Góra, P. F., 318

Grabowska-Bold, I., 86

Grebieszkow, K., 89

Greczyło, T., 68, 143

Gronowski, M., 213

Gruszecki, W. I., 221

Grządkowski, B., 95

Gudowska-Nowak, E., 318

Gusin, P., 206

Gut, K., 319

Gutowska, S., 321

Guzowski, J., 168

Gzella, A., 356

Hadyńska-Klęk, K., 161

Hakalla, R., 211, 256

Heays, A. N., 211, 256
 Hendzel, M., 322
 Hilczer, B., 356
 Hodges, J. T., 262
 Hołyst, R., 220
 Horodecki, R., 51
 Ibragimov, S., 137
 Iglicki, M., 286
 Jachura, M., 344
 Jaczewska-Özcan, J., 60, 62
 Jadczyk, A., 333
 Janowski, P., 58
 Jaranowski, P., 236
 Jarosz, J., 103
 Jarzemska, K., 119
 Jarzyna, M., 344
 Jasik, P., 210
 Jastrzębski, C., 376
 Jastrzębski, W., 216
 Jędrzejowski, M., 324
 Józefowicz, M., 259, 297, 349
 Jurkowski, M. K., 326
 Kaczorowska, A., 125
 Kaczorowski, D., 79
 Kaczyński, P., 240, 245
 Kajewski, D., 427
 Kalaga, J. K., 328, 354
 Kalinowski, A., 169
 Kamińska, A., 415
 Kamiński, P., 150, 329
 Kamiński, R., 119
 Karczewski, J., 307
 Karmakar, B., 285
 Karpiński, M., 273
 Karwasz, G., 290, 417, 438
 Kazana, M., 266
 Kazimierczuk, K., 171
 Kaźmierczak-Bałata, A., 331
 Kępa, R., 211
 Kilich, T., 210
 Kirejczyk, M., 60, 62
 Kitowska, M., 309
 Klimczuk, T., 176, 338, 397
 Kłopotowski, Ł., 232
 Kłosowski, Ł., 276
 Klusek, M., 324
 Kmiecik, M., 160
 Kockum, A., 252
 Koczan, G. M., 333, 423
 Kolenderski, P., 299
 Kolincio, A., 68
 Koliński, M., 173
 Koliński, W., 347
 Kołodziej, A., 425
 Komando, L., 137
 Komędera, K., 316
 Koperski, J., 214, 260
 Koruszowicz, M., 369
 Korzekwa, K., 255
 Kossacki, P., 111
 Kościelska, B., 359, 364
 Kot, P., 335

Kowal, M., 159	Lewandowski, W., 186
Kowalczyk, M., 198	Lewitowicz, M., 73
Kozak, M., 119	Li, G., 262
Kozicki, J., 210	Linert, I., 351
Kozłowski, A., 316	Lisak, D., 223, 262
Krawczyk, M., 114	Lodi, L., 262
Krawiec, K., 166	Łabuda, M., 208
Krośnicki, M., 260	Łaciak, M., 427
Królak, S., 338	Łagoda, J., 268
Kruszewska, N., 200, 340	Łapiński, A., 356
Kshevetskii, S., 411	Ławniczak, M., 281
Kubiak, T., 342	Ławniczak, P., 356
Kubicki, J., 119	Łobjko, A., 358
Kucharczyk, M., 344	Łobjko, M., 254
Kuderowicz, G., 346	Łukasik, A., 173
Kujawska, K., 347	Mac, M., 395
Kujawski, W., 349	Maciejewski, M., 359
Kuław, L., 387	Maciolek, A., 77
Kurhaluk, N., 350	Maćkowski, S., 183, 395
Kurowski, M., 243	Maj, K., 204
Kusyk, S., 400	Majczyk, M., 313
Kyuberis, A. A., 262	Makowiec, D., 282
Laba, H., 248	Makuch, P., 309
Lachowicz, M., 351	Malec, E., 235
Laskowski, W., 251	Malicka, M. I., 256
Lasota, H., 353	Malinowski, K., 369
Lech, A., 313	Mandal, I., 69
Lehman, L., 426	Manivarma, T., 360
Lekka, M., 181	Marcinkowska-Sanner, M., 60, 62
Leoński, W., 328, 354	Markuszewski, P., 309
Lesyng, B., 169, 173	Masłowski, P., 271

Matulewicz, J., 400
 Matulewicz, T., 400
 Maximenko, A., 383
 Michalik, J. M., 376
 Michczyńska, D. J., 324
 Michczyński, A., 324, 381
 Mielewczyk-Gryń, A., 306, 370, 383
 Mika, A., 59, 122
 Mikulska-Rumińska, K., 182, 360
 Mikulski, K., 96
 Milewska, D., 119
 Milewska, K., 359
 Mioduszewski, Ł., 361
 Miotke-Wasilczyk, M., 259
 Miranowicz, A., 252
 Miruszewski, T., 301, 305, 370, 383
 Moskal, P., 164
 Możejko, P., 280, 398
 Mrukiewicz, M., 374
 Mudry, S., 250
 Murawski, L., 364
 Musiał, A., 191
 Musiał, G., 107
 Muzyka, M., 335
 Narojczyk, J. W., 133
 Naskręcki, R., 68
 Navarro, A. A., 404
 Nawrocka, E. K., 171
 Niedźwiecka, I., 309
 Noińska-Macińska, M., 362
 Nori, F., 252
 Nowak, W., 360
 Nowak-Stepniowska, A., 313
 Nowakowska, K., 64
 Nowakowski, Sz., 169, 173
 Nowotny, M., 219
 Nykyrui, Y., 250
 Obłąkowska-Mucha, A., 267
 Ochab, J., 283
 Okoczuk, P., 364
 Olbratowski, P., 169, 171
 Olejnik, A., 365
 Oliveira, N. de, 256
 Opala, A., 193
 Opila, G., 367
 Osadnik, R., 369
 Oseko, F., 370
 Osuchowska, P., 313
 Pachucki, K., 85
 Paluch, J., 372
 Para, A., 211
 Parniak, M., 93
 Pastuszko, A., 303
 Paterek, T., 203
 Pawełczyk, F., 381
 Pawlak, M., 215
 Pawłowski, M., 289
 Perkowski, P., 65, 374
 Pęczkowski, P., 376
 Pieprzyk, S., 136
 Pietruszka, M. A., 378
 Pietrzyk, A., 367

Pietrzyński, G., 83
 Piętosza, J., 376
 Pilat, M. P., 380
 Piotrowicz, M., 240, 245
 Piotrowska, I., 211
 Piotrowska, N., 381
 Piskorski, P., 145
 Piskozub, J., 309
 Polyansky, O. L., 262
 Pośpiech, J., 383
 Pryga, K., 385
 Przewoźnik, J., 367
 Ptak, A., 314, 409
 Ptasńska-Denga, E., 280, 398
 Pustelny, S., 80
 Qin, W., 252
 Reed, Z. D., 262
 Rębilas, K., 429
 Rogala, K., 398
 Rothard, H., 274
 Rousseau, P., 274
 Rozynek, Z., 342
 Różański, S. A., 431
 Rusek, F., 47
 Rybicki, J., 158
 Rydygier, E., 433
 Ryzner, S., 211, 256
 Sacha, K., 57
 Sadowski, W., 359
 Salabura, P., 163
 Savasta, S., 252
 Schlichtholz, A., 387
 Sedlmayr, N., 130
 Semczuk, M., 228
 Semenov, M., 211
 Serdiuk, I., 310
 Sękowski, P., 400
 Shopa, M., 388
 Sienkiewicz, J. E., 210, 380
 Sikora, M., 185
 Siódmiak, J., 200, 340, 390
 Sirko, L., 281
 Skubida, W., 306
 Skwarek, A., 60, 62
 Skwira-Chalot, I., 400
 Skylaris, C.-K., 188
 Słowik, K., 189
 Sobierajski, R., 119
 Sobolewski, A. L., 222
 Soboń, G., 269
 Sokołowska, D., 68
 Spalek, J., 175, 322
 Spyra, A., 400
 Starczewska, A., 392
 Stasik, A., 211, 256
 Staszewski, R., 393
 Stefanek, G., 394
 Stepanenko, Y., 270
 Stephan, E., 162
 Sterczewski, Ł. A., 225
 Stoń-Egiert, J., 309
 Story, T., 229

Sulowska, K., 395
 Sułkowski, P., 102
 Swakoń, J., 400
 Synak, A., 359, 387
 Syty, P., 369, 380
 Szajna, W., 211, 256
 Szalkowski, M., 395
 Szczepaniak, D., 68
 Szcześniak, W., 400
 Szczygielska-Łaciak, A., 427
 Szlachetko, J., 116, 196
 Szmytkowski, Cz., 280, 398
 Sznajd-Weron, K., 284
 Szot, M., 233
 Szulc, O., 238
 Szumilas, J., 310
 Szwaba, R., 243
 Szwec, E., 101
 Szwocha, P., 142
 Śliwińska, A., 169, 170
 Świątek, H., 397
 Świeżewska, B., 287
 Tabiś, W., 180, 316
 Tańska, N., 280, 398
 Taranienko, A., 400
 Tennyson, J., 211, 262
 Tkachuk, V., 248
 Tkaczenko, H., 350
 Tomin, V., 310, 350, 403
 Trafny, E., 313
 Tran, D. D., 262
 Tretiakov, K., 135
 Trojanowski, S., 264
 Trusiak, M., 167
 Trylska, J., 217
 Tudyka, K., 324
 Tulewicz, P., 195, 401
 Turzyński, K., 68
 Ubachs, W., 256
 Urbańczyk, T., 260
 Ushakou, D., 403, 415
 Ustrzycka, A., 381
 Valenzuela, R. X., 404
 Wachowski, S., 295, 370, 383
 Wachulak, P., 313
 Wane, O., 404
 Warda, M., 153, 407
 Wardzińska, M., 313
 Wasilczuk, F., 243
 Wawrzyniak, A., 408
 Wąsowicz, T. J., 277, 326
 Wcisło, P., 76
 Weiss, M., 314, 409
 Wejer, D., 67
 Weymann, I., 128
 Węgrzyński, Ł., 313
 Wicikowski, L., 364
 Wiendlocha, B., 321, 346, 385
 Wiertel, M., 436
 Winiarski, M. J., 338
 Wiśniewski, P., 127
 Witzanyová, N., 117, 138

Włodarkiewicz, A., 415	Wyborska, K., 438
Wojciechowski, K. W., 131	Wysmołek, A., 68, 121
Wojda, P., 411	Yurchenko, S. N., 211
Wojewoda, G. F., 144	Zachariasz, P., 376
Wojnar, P., 230	Zajęc, M., 376
Wojtecki, M., 409	Zajęc, W., 419
Wolff, S., 413	Zalecki, R., 376
Wójcik, K., 280	Zawadzki, M., 87
Wójcik, N., 364	Zawadzki, W., 126
Wójcik, N. A., 413	Zeilinger, A., 55
Wójtewicz, S., 262	Zieliński, P., 155
Wroński, M., 335	Zięba, A., 147
Wroński, S., 335	Zięba, S., 356
Wróbel, D., 400	Ziętała, M., 376
Wróbel, P., 139	Zobov, N. F., 262
Wróblewski, T., 403, 415, 417	Żukowski, M., 56
Wtulich, M., 437	