



UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

$\langle N | \hat{K} | F \rangle$

25-27.04.2025

Kraków

V INTERNATIONAL
PHYSICS
STUDENT
CONFERENCE

*BOOK OF
ABSTRACTS*



$$\langle N | \hat{K} | F \rangle$$



UNIwersytet Jagielloński
w Krakowie



Instytut Fizyki Jądrowej
im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk



SOLARIS
NARODOWE CENTRUM
PROMIENIOWANIA
SYNCHROTRONOWEGO



RADA KÓŁ NAUKOWYCH
UNIwersytetu
Jagiellońskiego



WYDZIAŁOWA RADA
SAMORZĄDU STUDENTÓW
WYDZIAŁU FIZYKI, ASTRONOMII
I INFORMATYKI STOSOWANEJ UJ

OPTICA

Advancing Optics and Photonics Worldwide

Jagiellonian University
Student Chapter





$$\langle N | \hat{K} | F \rangle$$

April 25-27, 2025

V INTERNATIONAL PHYSICS STUDENT CONFERENCE

BOOK OF ABSTRACTS



Edited by:
Anastasiya Yushchuk
Wiktor Zantowicz

Published by
Naukowe Koło Fizyków Studentów Uniwersytetu Jagiellońskiego
(Scientific Association of Physics Students)

Organisers

Coordinators

Anastasiya Yushchuk
Wiktor Zantowicz
Aleksandra Rzezycz

Treasurer

Szymon Łysik

Co-organisers

Mikołaj Pocheć
Matylda Róg

Technical help

Adam Stefański
Mateusz Winiarski
Maciej Ziobro

Media

Aleksandra Gmurowska
Irena Olchowska

Jury

mgr inż. Anna Władyszewska
mgr Rafał Bistróń
mgr Karol Urbański
mgr Dawid Zapolski
Grzegorz Żmija

Graphics

Anastasiya Yushchuk
Anastasiia Britan
Karolina Krok
Aleksandra Gmurowska

Special thanks to Klara Bielawska
and all the members of Scientific Association of Physics Students, JU

Partners

Honorary Patronage

Astronomical Observatory, JU¹

Faculty of Physics, Astronomy and Applied Computer Science

Institute of Theoretical Physics, JU

Marian Smołuchowski Institute of Physics, JU

Solaris National Synchrotron Radiation Centre

Institute of Nuclear Physics of the Polish Academy of Sciences

Space Research Centre of the Polish Academy of Sciences

Sponsors

Optica – Jagiellonian University Student Chapter

Council of Academic Societies, JU

Faculty of Physics, Astronomy and Applied Computer Science, JU

Institute of Nuclear Physics of the Polish Academy of Sciences

Student's Council at the Faculty of Physics, Astronomy and Applied Computer Science,
JU

Partners

Krakow City

Scientific Association of Astronomy Students, JU

JU Mathematics and Natural Sciences Students' Association

Scientific Association of Molecular Biophysics and Medical Physics, JU

Nobel Scientific Association of Biophysics, JU

¹JU – Jagiellonian University, Kraków

Invited speakers

Mgr Aleksandra Morawiec

Universität Wien

Topic: *"Isoprene-Derived Nucleation Processes at Upper-Tropospheric Temperatures Using the CLOUD Experiment at CERN"*

Prof. dr hab. Jakub Rysz

Jagiellonian University

Topic: *"New methods for the preparation of organic solar cells and studying dynamic changes in their structure"*

Dr Michał Silarski

Jagiellonian University

Topic: *"Promieniowanie ratuje życie: o zastosowaniu neutronów w wykrywaniu materiałów niebezpiecznych i terapii nowotworów"*

Dr Jakub Czartowski

Nanyang Technological University in Singapore

Topic: *"Quantum designs – it's not what you think!"*

Dr inż. Tomasz Kołodziej

NRSC Solaris

Topic: *"Electrons and Photons. Research Opportunities at the SOLARIS Center in Kraków"*

Dr Wiktor Parol

Institute of Nuclear Physics PAS

Harmonogram

Friday 25.04

- **8:30-9:00** Registration and coffee
- **9:15-9:45** Conference Opening
- **9:45-10:00** **Dr inż. Tomasz Kołodziej** – Electrons and Photons. Research Opportunities at the SOLARIS Center in Kraków
- **10:00-10:45** **Mgr Aleksandra Morawiec** – Isoprene-Derived Nucleation Processes at Upper-Tropospheric Temperatures Using the CLOUD Experiment at CERN
- **10:45-11:00** Institute of Nuclear Physics PAS
- **11:00-11:10** Coffee break
- **11:15-12:15** Talk session 1 A/B
- **12:15-13:15** Lunch
- **13:00-16:00** Tour - INP PAS / Tour Kraków city
- **18:00-...** Integration

Saturday 26.04

- **8:30-9:00** Registration and coffee
- **9:00-10:00** **Prof. dr hab. Jakub Rysz** – New methods for the preparation of organic solar cells and studying dynamic changes in their structure
- **10:00-10:10** Coffee break
- **10:15-11:45** Talk session 2 A/B
- **11:45-12:00** Photo
- **12:00-12:45** 1st Poster session
- **12:45-13:45** Lunch
- **13:45-14:45** **Dr Michał Silarski** – Promieniowanie ratuje życie: o

zastosowaniu neutronów w wykrywaniu materiałów niebezpiecznych i terapii nowotworów

- **14:45-14:55** Coffee break
- **15:00-16:15** Talk session 3 A/B
- **16:15-16:25** Coffee break
- **16:30-17:15** Talk session 4 A/B
- **17:15-18:00** 2nd Poster Session
- **18:00-00:00** Smokaton

Sunday 27.04

- **9:15-9:25** Coffe break
- **9:30-10:45** Talk session 5 A/B
- **10:45-10:55** Coffee break
- **11:00-11:45** **Dr Jakub Czartowski** – Quantum designs - it's not what you think!
- **11:45-13:15** SMOKaton presentations
- **13:15-14:15** Lunch
- **14:15-15:30** Talk session 6 A/B
- **15:45-16:45** Talk session 7 A/B
- **16:15-16:45** Conference Closing

Sequence of talks

TBA

Contents

Organisers	1
Partners	2
Invited speakers	3
Harmonogram	4
Sequence of talks	6
Referats	13
Palash Saha	
<i>Topology in Moiré Transition-Metal Dichalcogenides</i>	13
Dibyendu kuir	
<i>Topological Superconductivity in Hybrid Josephson Junctions: Majorana Bound States and Transport Effects</i>	14
Maria Hadam	
<i>NetKet i NNQS - Sieci Neuronowe w Modelowaniu Układów Kwantowych</i>	16
Wiktoria Szopa	
<i>Modelowanie interfejsów w tlenku cerowo-prazeodymowym: Wgląd w strukturę elektronową</i>	16
Dominik Piasecki	
<i>New Magnets just Dropped - Altermagnetism in Theory and Experimental Observation</i>	17
Wiktor Kalinowski	
<i>Electron-hole pair creation in graphene in homogeneous two- color electric field</i>	18
Paweł Koczanowski	
<i>Stick-slip accompanying atomic-scale plowing wear in MoS2</i> . . .	19

Michał Winkel	
<i>Nowe spojrzenie na mechanizmy przemian fazowych w hybrydowych perowskitach: przypadek mrówczanu dimetyloamoniowo-magnezowego</i>	20
Kacper Połuszejko	
<i>Modelowanie komputerowe izolatorów Chern'a: od modelu Haldane'a do warstwowych struktur moiré</i>	21
Maciej Ziobro	
<i>Modifications to Classical Electrodynamics with a Non-Zero Photon Mass</i>	22
Michał Mielnicki	
<i>The Power of Convention – How Leibniz Notation Simplifies Life</i>	23
Michalina Borczyńska	
<i>Symmetries in Physics: Symplectic Reduction</i>	24
Bartosz Żbik	
<i>Hamilton – Jacobi – Bellman Equation or an Introduction to Optimal Control Problems</i>	24
Jakub Szyndler	
<i>Maximum mass of differentially rotating neutron stars for realistic equation of state</i>	25
Mikołaj Dettlaff	
<i>Czy przyspieszający astronauta się poci? Wprowadzenie do efektu Unruha</i>	26
Przemysław Podleśny	
<i>Geometria konforemna w teorii względności</i>	26
Victoria Vasileuskaya	
<i>Topological Transitions in Adaptive Transport Networks</i>	27
Ziemowit Olinkiewicz	
<i>Helikalne ciecze Tomonagi-Luttingera w skończonych izolatorach topologicznych</i>	27
Jan Okoński	
<i>Dokładne obliczenia ab initio potencjałów oddziaływania wodoroków metali alkalicznych i ziem alkalicznych</i>	28
Bartosz Liss	
<i>Kropki kwantowe w materiałach 2D z izospinem dolinowym</i>	29
Tymon Przychodni	
<i>Fizyka stanów wielocząstkowych w kropkach kwantowych WSe₂</i>	30

Waseem Akbar	
<i>Theoretical insights into Unconventional Superconductivity and Topology in Moiré Transition Metal Dichalcogenide Bilayers</i>	30
Tymon Orłowski	
<i>How modeling mistake solved modeling problems - Studying Oxygen Ion Mobility at Crystalline–Amorphous Interfaces in Cerium–Praseodymium Oxide Using Computer Modeling</i>	31
Maria Rybak	
<i>Beyond Optical Limits: Atomic Force Microscopy in the Study of DNA Repair</i>	32
Daria Klimaszewska	
<i>Konstrukcja ogniwa przeznaczonego do pracy w niskich temperaturach</i>	33
Karolina Klimek	
<i>Beam characterization for radiation effects testing of electronics using FLUKA simulations - results in the scope of 2023 HEARTS@CERN test campaign at CHARM.</i>	34
Marcin Klaczak	
<i>Quantum Machine Learning for cancer detection</i>	34
Swapnil Arawade	
<i>Metamaterial-Based Wave Control in MRI: Engineering Bandgaps for Vibration Suppression</i>	35
Artur Żeleźnik	
<i>O tym jak turbiny gazowe prawie łamią drugą zasadę termodynamiki</i>	36
Alicja Szostak	
<i>Pęczek plazmowy – jak go ugryźć? O toroidalnych generatorach plazmowych</i>	37
Weronika Kwiatosz	
<i>Detektory pasywne z powierzchnią modyfikowaną nanocząstkami metali</i>	37
Aliaksei Hlukhau	
<i>Spectroscopy in the Absence of Magnets: The Capabilities of ZULF NMR</i>	38
RWIK DHARMAPAL BANERJEE	
<i>NuWro - the Wrocław Monte Carlo generator</i>	39

Monika Marek	
<i>Femtoscopic Study of Proton–Antilambda Correlations in Pb–Pb Collisions at $s_{NN} = 5.36$ TeV with ALICE . . .</i>	39
Krzysztof Calik	
<i>Antiprotonic atoms and more</i>	40
Magdalena Smolis	
<i>Ciemna materia a GNOME: Czego mogą nas nauczyć eksperymenty fizyki atomowej?</i>	41
Anna-Mariia Andrushko	
<i>Kaon-Deuteron Femtoscopy: A Peek Inside Neutron Stars. . .</i>	42
Kinga Hiszpańska	
<i>Teoria niezawodności w kontekście źródeł odnawialnych.</i>	43
Paweł Żuczek	
<i>Przesył energii przy użyciu NFC</i>	43
Natalia Gajewska	
<i>Rubber bands as projectiles - IPT problem solution</i>	44
Tomasz Grewenda	
<i>BPS states counting: Where knot theory meets physics</i>	45
Aliaksandr Rybalka	
<i>Non-commutative geometry: from pseudo-differential operators to spectral triples</i>	45
Matylda Róg	
<i>Rozwiązanie równania sinus-Gordona poprzez transformację Bäcklunda</i>	46
Sukalpa Kundu	
<i>A Semi-Analytical Framework for Studying Feedback Effects on Population III Stars</i>	47
Sebastian Parzych	
<i>Od Newtona do kubitów: Jak informatyka kwantowa może zrewolucjonizować fizykę?</i>	48
Jakub Smaga	
<i>Rekoneksja magnetyczna oraz jej związek z jasnością aurora borealis</i>	48
Jan Mierzejewski	
<i>Transport kwantowy w sieciach hiperbolicznych</i>	49
.	50

Posters	51
Wiktoria Szopa	
<i>Computational Modeling of Ce-Pr Oxide Interfaces: Insights into Electronic Structure</i>	51
Wiktoria Tokarczyk	
<i>Use of FTIR spectroscopy for biomolecular micro-imaging of rodent cerebellum-an investigation into obesity-induced changes</i>	52
Antoni Łasica	
<i>Postępy w budowie laserowego spektroskopu gazów śladowych</i>	53
Zuzanna Borchert	
<i>Magnetic, thermal and transport properties of C14 Laves compound SmRu</i>	54
Weronika Torończak	
<i>Changes in the biophysical properties of erythrocytes during in vitro aging: analysis of osmotic fragility and hemolysis.</i>	54
Jan Okoński	
<i>Accurate ab initio calculations of interaction potentials of the alkali and alkaline-earth metal hydrides</i>	55
Shreya Sharma	
<i>SIMULATION OF BACKGROUND SIGNALS OF ATMOSPHERIC MUONS FOR P-ONE.</i>	56
Witold Rudziński	
<i>Assessing Sample Preparation for TXRF: Elemental Analysis of Beer Employing Direct Measurement and Freeze-drying</i>	57
Małgorzata Noworyta	
<i>Mikrofabrykacja struktur fotonicznych</i>	58
Krzysztof Calik	
<i>Antiprotonic atoms and more</i>	59
Karol Grzywa	
<i>Construction of a cryostat for measuring the efficiency of cells in low-temperature conditions.</i>	60
Kacper Połuszejko	
<i>Modelowanie komputerowe izolatorów Chern'a: od modelu Haldane'a do warstwowych struktur moiré</i>	60
Alicja Jagielska	
<i>Examples of effective physics teaching inspired by pop culture</i>	61

Weronika Sobień	
<i>Optical Transitions in the Ultracold Ytterbium Dimer</i>	62
Magdalena Sielaff	
<i>A Review of Machine Learning Techniques for Modeling Turbulence in Fluids</i>	63
Norbert Nieścior	
<i>Geophysical Investigations of Mining Waste Heaps in the RAF Project</i>	64
Witold Rudziński	
<i>Assessing Sample Preparation for TXRF: Elemental Analysis of Beer Employing Direct Measurement and Freeze-drying</i>	65
Jakub (wraz z Aleksandrem i Jakubem) Wawruszczak (Rutkowskim i Rękasem)	
<i>Próg perkolacji kwantowej</i>	65
Grzegorz Dziewisz	
<i>Mass in gravity</i>	66
SHALINI MAJI	
<i>Probing of Chiral Andreev Edge States in Quantum Hall-Superconductor System</i>	66
Grzegorz Jaczewski	
<i>Cooper pairs in three-component systems of several fermions</i>	67
Bartłomiej Brudnowski	
<i>Prospects for light exotic scalar measurements at the e^+e^- Higgs factory</i>	68
Piotr Gołuchowski	
<i>Introduction to aircraft design</i>	68
Magdalena Sielaff	
<i>Fizyczne aspekty wykorzystania ciepła z elektrowni jądrowych planowanych dla Polski</i>	69
Weronika Sobień	
<i>Optyczne przejścia w ultrazimnym dimerze iterbu</i>	69
Marina Svintsitska	
<i>Rezonator Helmholtza w Twoich rękach: Tajemnice dźwięku kłaśnięcia w dłonie</i>	71
Krzysztof Prościński	
<i>Study of the η meson decay in the HADES experiment</i>	72

Referats

Topology in Moiré Transition-Metal Dichalcogenides

Palash Saha

AGH University Krakow, Quantum Systems theory group

psaha@agh.edu.pl

We explore the emergence of topological phases in bilayer MoTe/WSe, highlighting the role of spin-orbit coupling [1] and strong electron correlations. Our theoretical investigations reveal the quantum anomalous Hall (QAH) [2] and quantum spin Hall (QSH) states within a tuneable moiré superlattice, offering fresh insights into the interplay between spin ordering and topology. In the one-hole-per-moiré-cell regime, we uncover a distinctive spin configuration where in-plane and out-of-plane 120° antiferromagnetic orders combine to form a canted spin phase. Under certain bias conditions, this canted structure exhibits a finite Chern number, in line with experimental observations [3]. Such results provides the potential of bilayer MoTe/WSe in spintronic device applications, given its flexibility in achieving and controlling nontrivial topological features.

Focusing on two holes per moiré cell—where experimental evidence for the QSH phase has been reported [4]—we demonstrate that long-range Coulomb repulsion alone can act as an effective hopping mechanism, coupling two relevant orbitals and forming topologically nontrivial bands. This interaction-driven phenomenon echoes key experimental findings and paves the way for manipulating emergent properties in two-dimensional semiconductor heterostructures.

These results highlight both the fundamental richness and application-oriented possibilities that arise from coupling spin-orbit physics with many-body correlations in moiré systems.

[1] Louk Rademaker, Phys. Rev. B, 105,19, 2022, 195428 [2] Palash Saha,

Louk Rademaker, Michał Zegrodnik, arXiv:2412.09170 [3] Tingxin Li et. al, Nature volume 600, pages 641–646 (2021) [4] Zui Tao et. al, Nature Nanotechnology volume 19, pages 28–33 (2024)

Topological Superconductivity in Hybrid Josephson Junctions: Majorana Bound States and Transport Effects

Dibyendu kuir

AGH University of Krakow, ACMiN

kuiri@agh.edu.pl

A major challenge in modern solid-state physics is finding clear signatures of topological superconductivity and detecting the elusive Majorana bound states. Hybrid nanostructures, specifically Josephson junctions formed in a two-dimensional electron gas, are promising platforms for creating topological states that are highly controllable and scalable by the phase difference between the superconductors [1,2,4]. Tunneling spectroscopy of the semiconductor is utilized to investigate the Andreev bound states spectrum and, ultimately, the emergence of Majorana bound states. Based on experimental findings, we demonstrate that Andreev bound state spectroscopy primarily detects states located at the edges of the junction, particularly near the tunneling barriers, especially in the presence of a transverse magnetic field [3, 5] and confirmed in our numerical simulations. Instead of using tunnelling spectroscopy, which mainly detects states near the barrier and is affected by disorder [3], we suggest a different method using non-local transport. This approach looks at the system more broadly and helps reveal how the energy gap closes and reopens as the phase difference changes, which signals a topological transition. We show that the way the phase evolution depends strongly on Zeeman interaction [6]. This interaction greatly affects the phase diagram that can be measured in realistic experiments on hybrid Josephson junctions. As the higher magnetic field kills superconductivity, we propose to elongate the junction, and the topological region can be achievable with a smaller magnetic field, but it comes with a caveat: as the junction length increases, there are transverse modes with high momenta parallel to the superconducting interfaces that can lead to the destruction of MBS. To get rid of this issue, we introduce additional superconducting contacts that further

proximitized the semiconductor region and reopen the superconducting gap. [7]

In nanoscopic voltage-biased Josephson junctions, where semiconductors are coupled to superconducting leads, multiple Andreev reflections (MAR) generate complex subgap features that become more noticeable when an external magnetic field is applied to the system [8]. In this study, we go beyond simple effective models of MAR [9] by using a time-dependent approach to explore how the Zeeman interaction and spin-orbit coupling affect MAR subgap features. We found that, without spin-orbit coupling, the subgap characteristics remain unaffected and insensitive to small magnetic fields. On the other hand, when spin-orbit interaction is present, the subgap features correspond to the edges of the magnetic-field-dependent gaps that form between spin-opposite bands in the junction leads.

[1] F. Pientka, A. Keselman, E. Berg, A. Yacoby, A. Stern, and B. I. Halperin, *Phys. Rev. X* 7, 021032 (2017). [2] M. Hell, M. Leijnse, and K. Flensberg, *Phys. Rev. Letter.* 118, 107701 (2017) [3] C. M. Moehle, P. K. Rout, N. A. Jainandunsing, D. Kuiri, C. Ting Ke, D. Xiao, C. Thomas, M. J. Manfra, M. P. Nowak, S. Goswami, *Nano Letters* 22, 8601 (2022). [4] A. Banerjee, O. Lesser, M. A. Rahman, H.-R. Wang, M.-R. Li, A. Kringhoj, A. M. Whiticar, A. C. C. Drachmann, C. Thomas, T. Wang, M. J. Manfra, E. Berg, Y. Oreg, Ady Stern, C. M. Marcus, arXiv 2201.03453 (2022) [5] D. Sticlet, P. Wójcik, M. P. Nowak *Phys. Rev. B* 102, 165407 (2020). [6] D. Kuiri, M. P. Nowak, *Phys. Rev. B* 108, 205405 (2023). [7] D. Kuiri, P. Wójcik, M. P. Nowak, *Phys. Rev. B* 111, 085416 (2025). [8] S. Heedt, M. Quintero-Pérez, F. Borsoi, A. Fursina, N. van Loo, G. P. Mazur, M. P. Nowak, M. Ammerlaan, K. Li, S. Korneychuk, J. Shen, M. A. Y. van de Poll, G. Badawy, S. Gazibegovic, N. de Jong, P. Aseev, K. van Hoogdalem, E. P. A. M. Bakkers, L. P. Kouwenhoven, *Nature Commun.* 12, 4914 (2021). [9] D. Averin and A. Bardas, *Phys. Rev. Lett.* 75, 1831 (1995).

NetKet i NNQS - Sieci Neuronowe w Modelowaniu Układów Kwantowych

Maria Hadam

undergrad student (WUST/Condensed Matter Theory Group)

276236@student.pwr.edu.pl

Neural Network Quantum States (NNQS) stanowią obiecujące podejście do modelowania układów kwantowych. W niniejszej pracy, w oparciu o bibliotekę NetKet, opracowaną przez Filippo Vicentiniego i współautorów, przeprowadzono analizę różnych architektur i parametrów sieci neuronowych w kontekście ich zdolności do wyznaczania stanów podstawowych i wzbudzonych różnych układów kwantowych.

Testowane architektury obejmowały między innymi Jastrow Ansatz, Restricted Boltzmann Machines (RBMs), czy Convolutional Neural Networks (CNNs). Dokładność przewidywań porównano z wynikami uzyskanymi metodą Lanczosa, która pozwala na precyzyjne wyznaczenie stanów energetycznych układów kwantowych. Analizowano model Heisenberga oraz Kitaeva w sieciach krystalicznych dwuwymiarowych o strukturze trójkątnej, heksagonalnej i kwadratowej.

Przedstawione wyniki pozwalają ocenić skuteczność poszczególnych architektur NNQS w odwzorowywaniu rzeczywistych stanów układów kwantowych oraz wskazać ich ograniczenia. Analiza dostarcza istotnych informacji na temat potencjalnych zastosowań i optymalizacji metod NNQS w badaniach nad kwantowymi układami wielu ciał.

Modelowanie interfejsów w tlenku cerowo-prazeodymowym: Wgląd w strukturę elektronową

Wiktoria Szopa

Wydział Fizyki, Politechnika Warszawska

01169779@pw.edu.pl

Zużycie energii elektrycznej stale rośnie co sprawia, że produkcja i magazynowanie energii elektrycznej staje się istotnym wyzwaniem. Stałotlenkowe ogniwa paliwowe (SOFC - solid oxide fuel cells) umożliwiają bezpośrednią konwersję energii chemicznej w energię elektryczną, oferując znacznie wyższą

wydajność niż konwencjonalne systemy akumulatorów litowo-jonowych. Kluczowym elementem każdego elektrochemicznego urządzenia energetycznego jest elektrolit. Tlenek ceru (ceria) to polikrystaliczny materiał, służy jako stały elektrolit ze względu na jego wysoką przewodność jonową. Ceria domieszkowana prazeodymem (PDC - pradeosymium doped ceria) jest obiecującym przewodnikiem mieszanym (MIEC - mixed ionic electronic conductor), który w zależności od poziomu domieszkowania może działać zarówno jako elektrolit, jak i katoda. Możliwość zaprojektowania ciągłego materiału o podwójnej funkcjonalności zmniejsza problemy związane z interfejsem elektrolit-katoda poprzez poprawę kompatybilności strukturalnej.

W niniejszym badaniu wykorzystano obliczenia kwantowo-mechaniczne oparte na teorii funkcjonału gęstości (DFT) do zbadania struktury elektronowej tlenku ceru domieszkowanego prazeodymem. Przeanalizowano różne fazy PDC: fazę krystaliczną, fazę amorficzną oraz interfejs między fazami krystaliczną i amorficzną. Określono funkcje gęstości stanów elektronowych i średnie ładunki jonów. Dla interfejsu krystaliczno-amorficznego zbadano wpływ amorficzności na funkcję elektronowej gęstości stanów pochodzących od poszczególnych pierwiastków. W paśmie przewodnictwa, w pobliżu poziomu Fermiego, zaobserwowano, że większość dodatkowych stanów elektronowych wprowadzana jest przez atomy ceru, których otoczenia są najbardziej amorficzne. Przeprowadzono analizę ładunku Badera, która wykazała, że średni ładunek jonów tego samego typu pozostawał podobny we wszystkich badanych fazach. W przypadku interfejsu faz zbadano również wpływ amorficzności otoczenia atomu na jego ładunek.

New Magnets just Dropped - Altermagnetism in Theory and Experimental Observation

Dominik Piasecki

Uniwersytet Jagielloński, FAIS

dominik.piasecki@student.uj.edu.pl

Altermagnetism is a freshly discovered type of magnetic behaviour in solid state materials. Along with ferromagnetism and antiferromagnetism its completing the spectrum of magnetic properties. Long predicted by theory, the

phenomena was observed for the first time just last year. The discovery was included in the list of "Top Science Breakthroughs of 2024" by the Science Magazine.

Altermagnets show simultaneously properties of both ferromagnets and anti-ferromagnets. While exhibiting high time-reversal symmetry-breaking typical of ferromagnets they also show next to none external magnetisation - property typical to anti-ferromagnets. Altermagnetism was experimentally observed for the first time just last year by Fedchenko et. al. They managed to observe real-time symmetry-breaking by detecting magnetic circular dichroism in electron emitted under x-ray radiation. Altermagnetism was first observed by the group in RuO₂ thin films grown on the TiO₂ substrate.

Fascinating set of properties exhibited by altermagnets enriches our understanding of solid state matter. By bending the definition of magnetic materials as we know it, they pave way for experimental studies of spin-polarization phenomena, interaction of altermagnetism with superconducting and topological phases and, as a result, highly scalable spintronic devices.

Electron-hole pair creation in graphene in homogeneous two-color electric field

Wiktor Kalinowski

Warsaw University

w.kalinowski2@student.uw.edu.pl

Graphene, a two-dimensional material with a unique linear dispersion relation, allows electrons to effectively behave as massless spin-1/2 particles, governed by the 2D Dirac equation. This makes graphene an exceptional platform for investigating quantum field theory phenomena in a condensed matter setting. Due to its Fermi velocity—approximately 100 times lower than the speed of light—it enables the study of relativistic effects at experimentally accessible energy scales. One such effect is the condensed matter analog of the Schwinger effect, where electron-hole pairs are created in response to an external electric field. In this talk, numerical solutions for the dynamical Schwinger effect in graphene under a homogeneous two-colour electric field will be presented, providing insights into pair production mechanisms and

serving as a bridge between quantum electrodynamics and condensed matter physics.

Stick-slip accompanying atomic-scale plowing wear in MoS₂

Paweł Koczanowski

Marian Smoluchowski Institute of Physics, Jagiellonian University, Kraków, Poland

pawel.koczanowski@student.uj.edu.pl

Paweł Koczanowski(1), Paolo Nicolini(2), Enrico Gnecco(1) 1Marian Smoluchowski Institute of Physics, Jagiellonian University, Kraków, Poland 2 Institute of Physics (FZU), Czech Academy of Science, Prague, Czech Republic

A clear understanding of friction and wear mechanisms on the nanoscale is essential for finding solutions to reduce energy dissipation in various mechanical systems, as well as the emission of greenhouse gases. In this context, the study of two-dimensional materials belonging to the transition-metal dichalcogenide group, such as MoS₂, presents significant research opportunities and potential applications, such as solid lubricants as opposed to conventional liquid ones. The aim of this study is to understand the complex processes that govern the formation of wear nanostructures on surface interfaces in relation to friction. To this end, we employed the friction force microscopy technique. By dragging a sharp diamond nanotip along the surface of mineral MoS₂ with fixed values of load and velocity, scratches were performed. The results reveal a stick-slip motion of the tip accompanying the progressive exfoliation of MoS₂ chips from the surface. The observed broad range of slip sizes can be described in terms of avalanche dynamics. The experimental characterization is corroborated by molecular dynamics (MD) simulations of the scratch process. Apart from deepening our knowledge of the fundamental wear mechanisms on the nanoscale, the information gained here is pivotal for controlled cutting and nanomachining of layered materials.

Nowe spojrzenie na mechanizmy przemian fazowych w hybrydowych perowskitach: przypadek mrówczanu dimetyloamonu magnezowego

Michał Winkel

Politechnika Wrocławska, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Katedra Fizyki Doświadczalnej

261904@student.pwr.edu.pl

Nowe spojrzenie na mechanizmy przemian fazowych w hybrydowych perowskitach: przypadek mrówczanu dimetyloamoniowo-magnezowego

Michał Winkel, Adam Sieradzki, Andrzej Nowok Politechnika Wrocławska, Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska

Hybrydowe związki organiczno-nieorganiczne o strukturze perowskitu stanowią obiecującą klasę trójwymiarowych polimerów koordynacyjnych o znaczącym potencjale aplikacyjnym w dziedzinie fotowoltaiki i optoelektroniki. Wśród nich szczególną uwagę zwracają mrówczany organiczno-nieorganiczne, wykazujące nierzadko wysoce pożądane właściwości ferroelektryczne, antyferromagnetyczne, a nawet multiferroiczne. Cechą charakterystyczną tych związków jest struktura klatkowa, w której jony metalu koordynowane przez aniony mrówczanowe tworzą trójwymiarowy szkielet otaczający kationy organiczne. Przykładem takiego związku jest mrówczan magnezowo dimetyloamoniowy $((\text{CH}_3)_2\text{NH}_2\text{Mg}(\text{HCOO})_3, \text{DMAMg})$, który w temperaturze pokojowej krystalizuje w strukturze R-3c, przechodząc w jednoskośną fazę Cc poniżej 263 K w ciśnieniu atmosferycznym. Nasze badania, oparte o technikę szerokopasmowej spektroskopii dielektrycznej pokazują, że ciśnienie pełni kluczową rolę w sterowaniu przemianą fazową w DMAMg. Pomimo ograniczonego wpływu na lokalną dynamikę kationów organicznych, prowadzi ono do znacznego obniżenia temperatury przemiany fazowej (nawet o -46 K/GPa) oraz do rzadko spotykanej zmiany charakteru przemiany fazowej z pierwszego do drugiego rodzaju przy około 400 MPa. Pokazujemy, że przyczyną tego zjawiska jest znacząca deformacja szkieletu magnezowo-mrówczanowego indukowana ciśnieniem. Oznacza to, iż dynamika molekularna kationów dimetyloamoniowych nie determinuje warunków przemiany fazowej w DMAMg, co rzuca nowe światło na mechanizmy przemian fazowych typu porządek-nieporządek w trójwymiarowych hybrydowych związkach organiczno-nieorganicznych.

Modelowanie komputerowe izolatorów Chern'a: od modelu Haldane'a do warstwowych struktur moiré

Kacper Połuszejko

Akademia Górniczo-Hutnicza

kpoluszejko@student.agh.edu.pl

Izolatory topologiczne to materiały, które mimo że przewodzą prąd na powierzchni lub brzegach, pozostają izolatorami w objętości. Szczególnym przypadkiem takich układów są izolatory Chern'a, w których występuje kwantowy efekt Halla, ale bez konieczności stosowania zewnętrznego pola magnetycznego ani obecności poziomów Landaua. Ich nietrywialna struktura topologiczna związana jest z tzw. liczbą Chern'a – wielkością opisującą globalne własności pasma energetycznego.

Celem mojego wystąpienia jest przedstawienie dwóch modeli komputerowych opisujących tego typu układy. Pierwszy z nich to klasyczny model Haldane'a, w którym poprzez wprowadzenie złożonych przeskoków do dalszych sąsiadów w grafenowej sieci plastra miodu uzyskuje się izolator Chern'a. Drugi model oparty jest na nowszych badaniach dotyczących dwuwarstwowych struktur moiré zbudowanych z $MoTe_2$ i WSe_2 . W tych układach powstaje sieć plastra miodu (sieć moiré), w której podsieci znajdują się w oddzielnych warstwach. Wykazano, że taki układ przy zastosowaniu niewielkiego pola magnetycznego zachowuje się jak izolator Chern'a.

W prezentacji przedstawię zarówno założenia teoretyczne, jak i wyniki symulacji komputerowych wykonanych w języku Python oraz w pakiecie Kwant, bazujących na modelu Haldane'a oraz najnowszych badaniach teoretycznych i eksperymentalnych.

Modifications to Classical Electrodynamics with a Non-Zero Photon Mass

Maciej Ziobro

Jagiellonian University

maciej.ziobro@student.uj.edu.pl

In this presentation, I examine the theoretical consequences of introducing a non-zero rest mass for the photon within the framework of classical electrodynamics. I base the analysis on the Proca Lagrangian, which extends Maxwell's theory by including a mass term that couples directly to the electromagnetic four-potential. I derive the resulting field equations and discuss how this addition breaks gauge invariance and requires the Lorenz condition to be treated as a physical constraint rather than a gauge choice. I also address how charge conservation is preserved in this modified framework.

To illustrate the implications of these changes, I analyze two fundamental static field configurations: the electric field of a point charge and the magnetic field of an infinite, straight current-carrying wire. I demonstrate that the fields exhibit exponential decay at large distances and explain how these results exemplify mass-induced screening effects arising directly from the modified equations.

Although experimental evidence strongly indicates that the photon mass is extremely small—if not exactly zero—exploring such theoretical extensions of classical electrodynamics provides insight into how minimal changes to foundational assumptions can significantly alter field behavior.

The Power of Convention – How Leibniz Notation Simplifies Life

Michał Mielnicki

Jagiellonian University, Faculty of Physics, Astronomy and Applied Computer Science

michal.mielnicki@student.uj.edu.pl

Calculus, as developed by Leibniz and Newton, revolutionized mathematics and physics. Among the various notational systems used in calculus, Leibniz's notation, which employs differentials such as dx and dy , remains one of the most powerful and intuitive. In this presentation, I will explore the fundamental aspects of calculus, highlighting Leibniz's contribution and the advantages of his notation. By treating differentials as algebraic entities, we gain a highly effective tool for solving problems in differentiation and integration, along with insightful geometric interpretations.

One question that usually arises is whether derivatives can be treated as fractions, and I will discuss both the validity and limitations of this perspective. This approach extends naturally to differential equations, where Leibniz notation often simplifies problem-solving while requiring careful application to avoid misconceptions.

The second major part of my talk will extend this discussion to more advanced mathematical fields, particularly differential geometry. I will provide an overview of how infinitesimals and differential forms play a crucial role in this area, demonstrating how the intuitive power of Leibniz notation aids in understanding complex abstract concepts. In particular, I will showcase important mathematical results, such as Stokes' theorem, which take on an elegant and intuitive form in this framework.

Finally, I will discuss applications in physics, where Leibniz notation simplifies fundamental equations, making them more accessible and interpretable. Through this presentation, I aim to highlight how this seemingly simple notation continues to be an essential tool across multiple domains of mathematics and theoretical physics.

Symmetries in Physics: Symplectic Reduction

Michalina Borczyńska

Uniwersytet Warszawski

m.borczynska4@student.uw.edu.pl

The reduction theory of physical systems with symmetries has its roots in works of Lagrange, Hamilton, Jacobi, Liouville, and others. Through particular examples, they demonstrated how the symmetries present in mechanical systems lead to a reduction of the number of variables, which simplifies the equations of motion. However, their approach was mainly coordinate-dependent, and only in the 1970s did Marsden, Weinstein and Meyer provide a general framework of the reduction that was based on symplectic geometry, namely the *regular symplectic reduction*.

The term regular refers to the case, in which the space obtained through reduction has a structure of a smooth manifold. Otherwise, the symplectic reduction is *singular* and results in spaces that are no longer smooth manifolds, requiring more general mathematical structures to describe them. For instance, one can consider instead of spaces locally homeomorphic to \mathbb{R}^n , the spaces locally homeomorphic to quotients of \mathbb{R}^n by finite groups, known as orbifolds.

This talk introduces the theory of symplectic reduction, starting with the essential notions from symplectic geometry. Afterwards, the regular symplectic reduction will be presented, leading into a discussion of the singular symplectic reduction via orbifolds.

Hamilton – Jacobi – Bellman Equation or an Introduction to Optimal Control Problems

Bartosz Żbik

Jagiellonian University, Kraków Poland

bartosz.zbik@student.uj.edu.pl

A deterministic (stochastic) control problem consists of two equations. The first one being an n dimensional ODE (or SDE) $\dot{y} = f(y, u)$ describing the dynamics of our system and the second is a real-valued functional $J[y, u]$

which assigns a cost to each trajectory (solution to the ODE/SDE). The two equations are coupled by introducing steering $u : \text{Time} \rightarrow \mathbb{R}^d$, a function representing a way to interact with the system by external means. Our aim is to minimise the cost only by manipulating with the steering $u(t)$. An example for such a problem would be to regulate the thrust u of a rocket y in such a way to achieve a certain positioning and minimise the fuel consumption $J[y, u]$.

Maximum mass of differentially rotating neutron stars for realistic equation of state

Jakub Szyndler

Uniwersytet Warszawski

j.szyndler@student.uw.edu.pl

From numerical relativity simulations we know that the outcome of massive core collapses or binary neutron star mergers with moderate masses are probably differentially rotating neutron stars. As for now we have not detected any of these exotic objects, but some research (for example Gondek-Rosińska, et al. 2017) suggest they can have extraordinary topology (like donut shape). Also differential rotation increases the maximum mass of the neutron star (Baumgarte 1999). During my talk I will present the characteristics of the problem, discuss their origin and show results based on FlatStar code simulations (Gondek-Rosińska, et al. 2017).

Czy przyspieszający astronauta się poci? Wprowadzenie do efektu Unruha

Mikołaj Dettlaff

Uniwersytet Warszawski

ms.dettlaff@student.uw.edu.pl

Czy próżnia jest naprawdę pusta? Klasyczna intuicja sugeruje, że tak, ale mechanika kwantowa i teoria względności rzucają na to pytanie zupełnie nowe światło. W swoim referacie chciałbym omówić efekt Unruha – niezwykle zjawisko, zgodnie z którym obserwator poruszający się z przyspieszeniem postrzega próżnię jako wypełnioną cząstkami i promieniowaniem o temperaturze proporcjonalnej do jego przyspieszenia. Po wprowadzeniu podstawowych pojęć teoretycznych chciałbym przedstawić wyprowadzenie temperatury Unruha za pomocą transformacji Bogolyubova, a następnie pokazać, w jaki sposób podobne mechanizmy prowadzą do promieniowania Hawkinga w przypadku czarnych dziur (są to wręcz analogiczne mechanizmy). W końcowej części referatu chciałbym omówić konsekwencje tych efektów dla fundamentalnych problemów fizyki teoretycznej i rozważyć jakie są eksperymentalne perspektywy wykrycia tych efektów.

Geometria konforemna w teorii względności

Przemysław Podleśny

Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

przemek.podlesny@student.uj.edu.pl

Geometria konforemna odgrywa ważną rolę w teorii względności, umożliwiając badanie własności czasoprzestrzeni poprzez zachowanie kątów między wektorami przy jednoczesnym przeskalowaniu metryki. W trakcie tego wystąpienia wyjaśnię czym jest geometria konforemna i jak można ją wykorzystać do uproszczenia analizy struktury czasoprzestrzeni. Omówię konstrukcję diagramów konforemnych Cartera-Penrose'a, które są potężnym narzędziem do wizualizacji nieskończoności i globalnych własności rozwiązań równań Einsteina. Przedstawię kilka przykładowych diagramów, ilustrujących różne typy

czasoprzestrzeni, a na zakończenie pokażę proste zastosowanie geometrii konforemnej w kosmologii, wyprowadzając zjawisko przesunięcia ku czerwieni.

Topological Transitions in Adaptive Transport Networks

Victoria Vasileuskaya

Warsaw University

v.vasileuska@student.uw.edu.pl

Transport networks—such as blood vessels, river basins, and plant xylem—often change their structure in response to external flows. In this work, we study how such networks evolve between two distinct forms: cyclic (with loops) and tree-like (loop-free). Using a mathematical model based on the Hagen–Poiseuille equation, we simulate how feedback between flow and edge conductivity drives this transition. A key result is the discovery of a critical point at the feedback exponent $\gamma = 1.0$, where the network switches from loop-rich to tree-like behaviour. The results reveal how simple local adaptation rules can lead to complex large-scale structures. This study not only helps us understand natural systems better but may also guide the design of more efficient artificial networks.

Helikalne ciecze Tomonagi-Luttingera w skończonych izolatorach topologicznych

Ziemowit Olinkiewicz

Politechnika Wrocławska

275340@student.pwr.edu.pl

Fizyka materiałów topologicznych stanowi istotną gałąź nowoczesnej fizyki ciała stałego. Po odkryciu pierwszego izolatora topologicznego w studniach kwantowych HgTe/CdTe nastąpiła rewolucja w poszukiwaniu nowych materiałów topologicznych i badaniu ich własności. Odkryto m.in. stany brzegowe w monowarstwach izolatorów topologicznych Bi₂Te₃ i WTe₂. Stany

te, ze względu na silne oddziaływania elektronowe, tworzą nowy stan materii nazywany cieczą Tomonagi-Luttingera. Podczas referatu wprowadzony zostanie temat topologii w fizyce ciała stałego i topologicznie chronionych stanów brzegowych. Przedstawiona zostanie także nietypowa fizyka silnie skorelowanych cieczy elektronowych w takich stanach. Przybliżona zostanie również teoria ciasnego wiązania, metody numerycznego obliczania krzywizn Berry'ego oraz niezmienników topologicznych Z_2 . Następnie zostanie zaprezentowane jak powyższe metody stosuje się do analizy układów skończonych oraz badań mikroskopowych własności helikalnych cieczy elektronowych.

Dokładne obliczenia ab initio potencjałów oddziaływania wodorków metali alkalicznych i ziem alkalicznych

Jan Okoński

Uniwersytet Warszawski / Instytut Fizyki Teoretycznej, Wydział Fizyki
jd.okonski@student.uw.edu.pl

Motywacja: Proste cząsteczki dwuatomowe odgrywają istotną rolę w chemii kwantowej i fizyce, stanowiąc poligon doświadczalny dla testowania teorii molekularnych. Precyzyjne obliczenia własności molekularnych są kluczowe przy kierowaniu trwającymi eksperymentami oraz planowaniu nowych badań. Ultrazimne cząsteczki zapewniają odpowiednie warunki do obserwacji efektów kwantowych i testowania podstawowych praw fizyki. Niektóre wodorki metali ziem alkalicznych, takie jak BaH^2 , są również kandydatami na źródło ultrazimnego wodoru [1]. Cele: Obliczenia krzywych potencjałów stanowią podstawę do określania innych właściwości cząsteczek, takich jak stany rowibracyjne. Obecnie w grupie F. Merkta w ETH prowadzone są eksperymentalne badania spektroskopowe nad cząsteczką BaH^2 . Opublikowany został również artykuł o BaH , na podstawie którego mogliśmy porównać nasze wyniki z doświadczalnymi [2]. Naszym celem jest określenie energii oddziaływania z możliwie największą dokładnością. Metody: Do obliczeń, jako metod post-Hartree-Fock, zastosowaliśmy teorię sprzężonych klasterów. Wykorzystaliśmy szereg różnych technik opisu struktury elektronowej, aby osiągnąć wysoki poziom dokładności oraz umożliwić wnikliwe porównania. Użyliśmy zestawów bazowych o liczbach kardynalnych do $5Z$. Energie zostały ekstrapolowane

do granicy bazy zupełnej. Wprowadziliśmy poprawki, takie jak poprawka adiabatyczna oraz poprawka uwzględniająca pełne potrójne wzbudzenia coupled cluster i inne. Wyniki: Krzywe energii potencjalnej zostały obliczone dla odległości w zakresie od 2a do 50a. Wprowadzone poprawki umożliwiły zwiększenie dokładności naszych wyników. Dla naszych krzywych osiągnęliśmy teoretyczną dokładność na poziomie około 0.5%. Podsumowanie: Wyniki naszych obliczeń charakteryzują się bardzo wysoką dokładnością i stanowią solidną podstawę do wyznaczania innych parametrów molekularnych. Monowodorki metali alkalicznych i ziem alkalicznych, a zwłaszcza ich jony, nie były dotychczas szeroko badane pod kątem obliczeń ab initio, a nasze wyniki należą do jednych z najbardziej dokładnych. Ponadto stanowią one cenny punkt odniesienia przy porównywaniu z danymi eksperymentalnymi.

[1] I. C. Lane, Phys. Rev A, 92, 02251, (2015) [2] J. R. Schmitz and F. Merkt, Phys. Chem. Chem. Phys., 27, 1310-1319, (2025)

Kropki kwantowe w materiałach 2D z izospinem dolinowym

Bartosz Liss

Politechnika Wrocławska

275334@student.pwr.edu.pl

Teoretyczne modelowanie kropek kwantowych w materiałach dwuwymiarowych jest kluczowe dla zrozumienia ich właściwości elektronowych i optycznych. W niniejszej pracy badamy możliwe stany podstawowe układów wieloelektronowych w elektrostatycznie zdefiniowanych kropkach kwantowych w heterostrukturze półprzewodnikowej MoSe-WSe. Zaczynając od teorii oscylatora harmonicznego 2D i przybliżenia parabolicznych pasm dla MoSe₂-WSe₂, analizujemy podstawowe własności, m.in. wartości własne energii i funkcje falowe. Następnie, stosując metodę ciasnego wiązania do opisu własności elektronowych, analizujemy stany jednocząstkowe kropki. W kolejnym kroku przeprowadzamy obliczenia Hartree-Focka w celu uwzględnienia oddziaływań elektron-elektron. Na koniec przedstawiamy wyniki obliczeń średniopółowych dla stanów podstawowych w przypadku dwu-, trzy- i wieloelektronowych zapełnień stanów w kropce.

Fizyka stanów wielocząstkowych w kropkach kwantowych WSe₂

Tymon Przychodni

Politechnika Wrocławska

276502@student.pwr.edu.pl

Kropki kwantowe definiowane elektrostatycznie w kryształach materiałów dwuwymiarowych, takich jak WSe₂, stanowią obiecującą platformę do badania nowych efektów fizycznych wynikających z unikalnych symetrii krystalicznych. W referacie przedstawiony zostanie model kwantowego oscylatora 2D w przestrzeni rzeczywistej i odwrotnej, który posłuży do analizy własności kropek kwantowych zdefiniowanych poprzez zewnętrzny potencjał w warstwie WSe₂. Naprężenia monowarstwy WSe₂ pozwalają na sterowanie ułożeniem energetycznym dolin w paśmie przewodnictwa, w szczególności względną energią dna dolin w punktach K i Q. Uwięzione w kropce nośniki mające charakter doliny Q umożliwiają uzyskać stany związane, których fizyka przypomina fizykę modelu SU(3) w kontekście kwarków. Następnie, za pomocą metody oddziaływania konfiguracji, przeanalizowany zostanie wpływ silnych oddziaływań kulombowskich na stany wielocząstkowe układu.

Theoretical insights into Unconventional Superconductivity and Topology in Moiré Transition Metal Dichalcogenide Bilayers

Waseem Akbar

AGH University of Krakow

akbar@agh.edu.pl

Understanding superconductivity in moiré transition metal dichalcogenide (TMD) bilayers is crucial for advancing next-generation quantum materials. These systems exhibit strong electronic correlations and topological effects,

making them an exciting platform for exploring unconventional superconducting states.

In this study, we investigate the superconducting properties of twisted and untwisted TMD bilayers using theoretical models. Our findings highlight the stability of superconducting states despite the influence of external factors such as intersite Coulomb repulsion and displacement fields. We also explore the role of longer-range interactions and symmetry-breaking effects, which impact the overall electronic behavior of these materials. Furthermore, we identify topologically nontrivial superconducting phases and possible nematic ordering, emphasizing the intricate relationship between electronic interactions, material geometry, and emergent quantum states. These insights contribute to the broader understanding of correlated electron systems and their potential applications in quantum technologies.

How modeling mistake solved modeling problems - Studying Oxygen Ion Mobility at Crystalline–Amorphous Interfaces in Cerium–Praseodymium Oxide Using Computer Modeling

Tymon Orłowski

Politechnika Warszawska / Wydział Fizyki

01169766@pw.edu.pl

With rising energy demands and environmental concerns, sustainable energy technologies are increasingly vital. Solid oxide fuel cells (SOFCs) offer a promising solution, providing efficient and eco-friendly power. Doped cerium oxide is particularly attractive for SOFCs, as it can function as both electrolyte and cathode, avoiding issues at the interface between separate components.

Since cerium oxide is polycrystalline, ion mobility at grain boundaries is key to its performance. This study focuses on understanding transport behavior at crystalline–amorphous interfaces using molecular dynamics simulations with the ReaxFF potential. Understanding of this phenomenon can help improve the functional properties of cerium oxide as an electrolyte in technological applications.

Interestingly, several amorphous-crystalline interface models emerged unintentionally due to modeling errors. Rather than being discarded, these configurations were found to be stable and physically meaningful. They revealed a significant increase in ionic conductivity in amorphous regions compared to purely crystalline parts.

The 45°-rotated interface was studied further. It exhibits enhanced conductivity in amorphous directions, confirmed through ion trajectory analysis and calculated diffusion coefficients. Arrhenius plots showed a decrease in activation energy, when diffusion along the z-axis was reduced—indicating complex transport behavior.

Analysis of amorphous interfaces showed that local structural topology plays a major role in influencing ion mobility.

Beyond Optical Limits: Atomic Force Microscopy in the Study of DNA Repair

Maria Rybak

Faculty of Physics, Astronomy and Applied Computer Science, Jagiellonian University

maria.rybak@student.uj.edu.pl

We observe many limits in our everyday life — but what if some limits actually prevent us from observing at all? In science, we have a whole range of microscopes — fluorescence, phase contrast, polarizing, and many more. They rely on optics, which seems like a smart idea, but only until we dive deeper, from microscopic to nanoscopic level. Right here, when we expect to see more, we actually see less. Why? Because we run into a fundamental barrier: the diffraction limit of light. To overcome this, physicists turned to a different approach by discovering that, instead of seeing directly, we could detect interactions between a sample surface and a part of a microscope. This idea brought about atomic force microscopy (AFM)—a technique that revolutionized our abilities to analyze matter at a nanoscale. Using AFM allows us to better understand many mechanisms in a cell, like DNA repair processes, and focus more on physical aspects of biological research, as not only images can be generated, but also some features of the material, like

elastic modulus, stiffness, and adhesion of a probe material. One of these applications is studying MutS-DNA binding, which takes place when a MutS protein encounters a mismatch (incorrectly paired base in DNA double helix) in the DNA sequence. Moreover, data generated from AFM images may be used to prepare models describing repair processes. Deeper understanding of these processes sheds new light on many aspects of this research, and, using that knowledge, we may have an impact in many fields of medicine, including cancer biology and genetic disease research.

Konstrukcja ogniwa przeznaczonego do pracy w niskich temperaturach

Daria Klimaszewska

AGH/Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej

klimaszewska@student.agh.edu.pl

Prezentowany projekt dotyczył możliwości konstrukcji ogniwa litowo - jonowego zdolnego do pracy w temperaturach niższych niż osiągają komercyjnie dostępne rozwiązania tych ogniw. Bateria została wykonana z komercyjnie dostępnych materiałów katodowych, anodowych oraz separatora.

Szczególną uwagę poświęcono wyborowi elektrolitu, jako kluczowemu składnikowi odpowiadającemu za działanie ogniwa w warunkach kriogenicznych. Na podstawie analizy danych literaturowych przygotowano testowe roztwory, które następnie zbadano za pomocą zaprojektowanego w tym celu układu pomiarowego dającego możliwość pomiaru konduktancji w temperaturach azotowych.

Finalnie ogniwo wykonano z roztworem bromku litu w etanolu jako elektrolitem. Zbadano je stosując pomiary na rozwartym ogniwie, cykliczną woltamperometrię, a także galwanostatyczne cykle ładowania i rozładowania w temperaturach pokojowych, jak i kriogenicznych.

Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują, że przy zastosowaniu łatwo dostępnych materiałów możliwe jest skonstruowanie ogniwa litowo-jonowego zdolnego do pracy w znacznie niższych temperaturach niż konwencjonalne rozwiązania komercyjne

Beam characterization for radiation effects testing of electronics using FLUKA simulations - results in the scope of 2023 HEARTS@CERN test campaign at CHARM.

Karolina Klimek

Jagiellonian University in Cracow, Poland

karolina.klimek@student.uj.edu.pl

The EU-funded HEARTS project aims at expanding Europe's capability in delivering very high energy (VHE) heavy ion beams for space-oriented applications, including electronics testing, shielding studies, and radiobiology experiments. To meet these goals, precise tailoring of the beam characteristics is essential. This talk will focus on the characterization and dosimetry of heavy ion beams used at CERN in the scope of 2023 HEARTS@CERN test campaign from both a simulation and an experimental side. Simulation studies were carried out using the Monte Carlo code FLUKA. These include the impact of the HEARTS@CERN LET booster, which is composed of eight PMMA plates of varying thicknesses, on the beam characteristics such as energy and linear energy transfer (LET). The influence of the mask system on beam shape will also be discussed. Simulation results will be compared with measurements performed using the Octavius detector array.

Quantum Machine Learning for cancer detection

Marcin Klaczak

University of Gdańsk

m.klaczak.410@studms.ug.edu.pl

Cancer is the second biggest cause of human deaths. Early diagnosis is a key element of full recovery or long overall survival. Liquid biopsies are excellent alternatives to traditional biopsies and imaging for cancer detection as they are minimally invasive and their cost is decreasing. In recent years, there has been a growing interest in machine learning techniques and models regarding

liquid biopsy analysis. Both fields of artificial intelligence and quantum computation are growing rapidly in recent years. Intersection between machine learning and quantum computation promises great possibilities. In this work I am presenting the Support Vector Machine method in its classical version and in the version enriched by quantum computation. I am comparing both approaches and presenting applications of Quantum Support Vector Machine in biomedical research.

Metamaterial-Based Wave Control in MRI: Engineering Bandgaps for Vibration Suppression

Swapnil Arawade

AGH university of Krakow, Poland

sarawade@agh.edu.pl

Magnetic resonance imaging (MRI) is an important tool in medical diagnostic procedures. The gradient coil which is part of MRI system responsible to produce magnetic field gradient generates vibration and sound. These cause problem to image clarity as well as patient comfort. The study aims to explore the applicability of elastic metamaterials to attenuate wave propagation by leveraging the local resonance bandgaps. Through finite element analysis we investigate the bandgap formation and influence of metamaterial design parameters on attenuation efficiency. By optimizing unit cell configurations, we propose a metamaterial-based vibration isolation approach tailored for MRI systems. This research opens new possibilities to integration of advanced metamaterial solutions in medical imaging technology, enhancing diagnostic accuracy and operation stability.

O tym jak turbiny gazowe prawie łamią drugą zasadę termodynamiki

Artur Żeleźnik

Politechnika Gdańska

artur.zeleznik@gmail.com

Na drodze analizy wyidealizowanego obiegu Braytona-Joule'a, będącego obiegiem porównawczym dla turbiny gazowej, powstaje prosta zależność sprawności tego obiegu wyłącznie od sprężu, czyli stosunku ciśnienia po sprężaniu do ciśnienia przed sprężaniem. Jest to problematyczna zależność, ponieważ dla wysokich wartości sprężu przewiduje sprawność wyższą niż teoretyczna sprawność równoważnego, odwracalnego obiegu Carnota. Sprawność obiegu Carnota jest maksymalną sprawnością, jaką można uzyskać przy danej górnej i dolnej temperaturze zasobników energii. Wyższa sprawność byłaby sprzeczna z drugą zasadą termodynamiki w ujęciu Clausiusa, ponieważ oznaczałoby to samorzutne przenoszenie ciepła od ciała o niższej temperaturze do ciała o temperaturze wyższej. W celu analizy tej zależności rozpatrzono trzy teoretyczne obiegi oparte na obiegu Braytona-Joule'a. Dla każdego z nich przyjęto te same parametry: temperaturę i ciśnienie przed sprężaniem oraz czynnik roboczy będący powietrzem. Obiegi te różnią się temperaturą osiąganą w procesie dostarczania ciepła, a następnie są analizowane przy założeniach modelu gazu doskonałego, półdoskonałego i rzeczywistego. Obliczenia te pozwalają wyznaczyć charakterystyki sprawności w funkcji sprężu oraz porównać je ze sprawnością równoważnego obiegu Carnota, a także ocenić wpływ coraz bardziej realistycznych modeli gazu na uzyskane wyniki. Ostatnim etapem jest porównanie wyników uzyskanych w modelu wyidealizowanym z wynikami modelu bardziej zbliżonego do rzeczywistego, co pozwala ocenić teoretyczną zależność sprawności od sprężu w kontekście rzeczywistego obiegu turbiny gazowej.

Pączek plazmowy – jak go ugryźć? O toroidalnych generatorach plazmowych

Alicja Szostak

Politechnika Gdańska

s189421@student.pg.edu.pl

Pod nazwą „pączek plazmowy” skrywa się niezwykle urządzenie – toroidalny układ plazmy stabilizowany polem elektromagnetycznym. Jest ono fascynujące zarówno pod względem wizualnym, jak i konstrukcyjnym. Generacja i kontrola plazmy wymagają zastosowania specjalistycznych układów elektronicznych, takich jak rezonansowe wzmacniacze klasy E, które pozwalają na efektywne podtrzymywanie jej w stabilnej konfiguracji. Obwody rezonansowe tego typu znajdują szerokie zastosowanie, m.in. w kuchenkach indukcyjnych, bezprzewodowych ładowarkach czy nowoczesnych technologiach kosmicznych – w tym w napędach jonowych. Coraz więcej badań wskazuje, że toroidalne generatory plazmowe mogą odegrać istotną rolę w przyszłych technologiach energetycznych i komunikacyjnych.

Podczas wystąpienia omówione zostaną techniczne aspekty konstrukcji układu „pączka plazmowego” wraz z fizycznym opisem zachodzących zjawisk. Temat stanie się również okazją do przedstawienia szerszego kontekstu zastosowań plazmy i nowoczesnych układów jej generujących.

Detektory pasywne z powierzchnią modyfikowaną nanocząstkami metali

Weronika Kwiatosz

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

wkwiatosz@student.agh.edu.pl

W badaniach zaprezentowano zastosowanie pasywnych detektorów termoluminescencyjnych (TLD) w dozymetrii promieniowania jonizującego z modyfikacją powierzchni za pomocą nanocząstek i nanowarstw metali. Wykorzystano detektory MCP-N (fluorek litu domieszkowany magnezem, miedzią i fosforem), na które nałożono nanocząstki srebra (Ag) i dwutlenku tytanu

(TiO₂) metodą mokrego osadzania oraz cienkie warstwy miedzi (Cu) i srebra (Ag) przy użyciu rozpylania magnetronowego. Jakość osadzenia warstw magnetronowych została przeanalizowana za pomocą mikroskopu sił atomowych (AFM). Analizy termoluminescencyjne wykazały, że Cu i Ag zmniejszają czułość detektorów, podczas gdy TiO₂ daje porównywalne odpowiedzi do kontroli. Uzyskane wyniki sugerują, że technika osadzania istotnie wpływa na czułość detektorów, co może być podstawą do dalszych badań nad optymalizacją ich parametrów oraz zastosowaniem innych rodzajów nanopowłok.

Spectroscopy in the Absence of Magnets: The Capabilities of ZULF NMR

Aliaksei Hlukhau

Jagiellonian University

aliaksei.hlukhau@student.uj.edu.pl

Nuclear Magnetic Resonance (NMR) is one of the most important spectroscopic methods used in chemistry, biology, and physics. Traditional NMR techniques require the use of strong magnetic fields, which come with high costs and the need for complex equipment. An alternative is Zero- to Ultralow Field (ZULF) NMR, which allows the recording of nuclear magnetic resonance signals in almost zero magnetic fields.

ZULF NMR eliminates the need for strong magnets and uses precise control of weak magnetic fields along with signal detection using sensitive magnetometers, such as optical magnetometers or SQUID devices. This makes it possible to perform spectroscopy in conditions previously inaccessible to traditional NMR. In ultralow field conditions, resonance signals are primarily recorded based on spin coupling between nuclei. A key feature of ZULF NMR is its ability to study spin couplings in molecular systems without the dominant influence of external magnetic fields.

Due to the low cost of equipment and the potential for miniaturization, ZULF NMR are an attractive alternative to conventional NMR systems. The development of this technology could lead to broader applications of NMR spectroscopy in fields that have previously been limited by high technical and financial requirements.

NuWro - the Wroclaw Monte Carlo generator

RWIK DHARMAPAL BANERJEE

UNIVERSITY OF WROCLAW, DEPARTMENT OF NEUTRINO PHYSICS

rwik.dharmapal@uwr.edu.pl

Monte Carlo (MC) methods have become indispensable tools in both theoretical and experimental high-energy physics. In this seminar, I will trace the historical origins of MC techniques and introduce the core principles of MC event generation. We will then walk through the process of building a simple event generator from scratch. The central focus of the talk will be NuWro, a neutrino MC event generator developed at the University of Wrocław. I will briefly outline its design, development history, and physics capabilities. Throughout, the seminar will highlight how MC generators serve as a crucial bridge between theoretical models and experimental data in physics community.

Femtoscopic Study of Proton–Antilambda Correlations in Pb–Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.36$ TeV with ALICE

Monika Marek

Politechnika Warszawska

mmarek1707@gmail.com

Understanding the annihilation dynamics and strong interaction between baryons and antibaryons remains one of the open challenges in fundamental physics. The proton–antilambda ($p - \bar{\Lambda}$) system is particularly intriguing, as it is unaffected by Coulomb or quantum statistical effects and interacts solely via the strong force. Femtoscopy is a powerful approach to get insights into the space-time characteristics of the particle-emitting source in heavy-ion collisions. By analyzing femtoscopic correlation functions, one can access

interaction parameters such as the source size, scattering length and effective range. In this study, I focus on baryon–antibaryon pairs, specifically $p - \bar{\Lambda}$ and $\bar{p} - \Lambda$, using data from Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.36$ TeV, collected by the ALICE experiment during LHC Run 3 in 2023. The enhanced luminosity and energy of Run 3, combined with improved statistics, enable a more precise investigation of the strong interaction compared to earlier studies. The analysis tools are complemented with the development of the femtoscopic framework in the new O2 software and The THERMal heavy IoN generATOR 2 (Therminator 2) code. Analysis was performed across different centrality intervals. Background estimation was applied to isolate the femtoscopic signal. The Lednicky–Lyuboshitz analytical model was used to fit the correlation functions, extracting key parameters such as source size (r_0), scattering length (f_0), and effective range (d_0). A drop in femtoscopic function below $C(k) = 1$ is observed at low k , consistent with the expected annihilation signature of the strong interaction in baryon–antibaryon systems. Moreover, a clear centrality dependence emerges: in more central collisions, the drop shifts toward higher k^* values, reflecting changes in the emission source size. The results align with theoretical expectations and offer new insights into the nature of baryon–antibaryon interactions governed solely by the strong force.

Antiprotonic atoms and more

Krzysztof Calik

Politechnika Warszawska

krzysztof.calik.stud@pw.edu.pl

The AEGIS collaboration at CERN investigates the properties of antimatter by creating and studying exotic atomic systems. Using antiprotons from the ELENA deceleration ring, we form antiprotonic atoms by combining antiprotons with ordinary matter. After being captured, antiprotons cascade into lower energy levels, ejecting electrons from their orbitals and eventually annihilating when they approach the nucleus. We employ time-of-flight spectroscopy and other advanced techniques to analyze the fragments produced from nuclear annihilation. In addition to studying matter-antimatter interac-

tions and nuclear structure, AEGIS aims to measure the effect of gravity on antimatter using a Moiré deflectometer—a key step toward testing the weak equivalence principle with antihydrogen.

Ciemna materia a GNOME: Czego mogą nas nauczyć eksperymenty fizyki atomowej?

Magdalena Smolis

Uniwersytet Jagielloński

magdalena.smolis@student.uj.edu.pl

Ciemna materia stała się przedmiotem intensywnych badań, jednak jej detekcja jest niezwykle trudna, ponieważ nie odbija ani nie emituje promieniowania elektromagnetycznego. Choć obserwacje astronomiczne ujawniły, że we wszechświecie ciemnej materii jest aż pięć razy więcej niż zwykłej materii, wciąż mamy niewiele informacji na jej temat. Jednym z proponowanych kandydatów na cząstkę ciemnej materii jest aksjon – ultralekki bozon. Eksperyment GNOME (The Global Network of Optical Magnetometers for Exotic physics searches) to międzynarodowa współpraca, która wykorzystuje sieć zsynchronizowanych komagnetometrów do poszukiwania egzotycznych oddziaływań spinów atomowych. Analizując korelacje czasowe sygnałów z różnych stacji, które są rozmieszczone po całej kuli ziemskiej, GNOME stara się wykryć sygnatury fizyki poza Modelem Standardowym oraz odróżnić je od zakłóceń. Dotychczasowe analizy nie wykazały statystycznie istotnych sygnałów, jednak pozwoliły na nałożenie nowych ograniczeń na oddziaływanie ciemnej materii z materią zwykłą. Najnowsze wyniki wykazują poprawę czułości eksperymentu nawet do trzech rzędów wielkości w porównaniu do wcześniejszych ograniczeń. Obecnie trwają przygotowania do szóstej serii pomiarowej (GNOME Science Run 6), której celem jest dalsze zwiększenie czułości, a przede wszystkim poszukiwanie egzotycznych oddziaływań.

Kaon-Deuteron Femtoscopy: A Peek Inside Neutron Stars.

Anna-Mariia Andrushko

Politechnika Warszawska

anna-mariia.andrushko.stud@pw.edu.pl

Abstract title: Kaon-Deuteron Femtoscopy: A Peek Inside Neutron Stars.

Abstract: I present an analysis of kaon-deuteron femtoscopic correlations based on experimental data from Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.36$ TeV, collected by ALICE experiment at LHC. The femtoscopic technique implemented in my study allows for investigation of particle emission properties and their mutual interaction. The primary objective is to determine the shape of kaon-deuteron correlation functions, providing insights into the origins of the studied particles in the environment where Quark-Gluon Plasma was present.

Correlations of kaons (primary strange particles) with nucleons (protons and neutrons – deuteron constituents) can shed light on the processes happening in the cores of neutron stars, that are thought to contain some percentage of strange matter. Additionally, the deuteron production mechanism remains debated – whether they are emitted as final-state particles or formed via proton-neutron coalescence. Kaon-deuteron correlations are shaped by both Coulomb and strong interactions, which are not fully theoretically or experimentally constrained. My analysis considers charged kaons (K^+ and K^-) along with (anti-)deuterons (d and \bar{d}). Four pairs were examined – identically charged (K^+-d and $K^--\bar{d}$) and oppositely charged ($K^+-\bar{d}$ and $K^- -d$). The Lednický-Lyuboshitz model was used as a theoretical reference.

The results presentation begins with a Quality Assurance (QA) assessment of the selected kaon and (anti-)deuteron samples, validating the selection criteria that I determined experimentally for each particle type. This is followed by purity calculations – kaon purity was evaluated using a standard Monte Carlo (MC) procedure, while for (anti-)deuterons, a data-driven approach was applied due to the lack of suitable MC data. Finally, I analyse the correlation functions, comparing their behaviour across different charge combinations.

Teoria niezawodności w kontekście źródeł odnawialnych.

Kinga Hiszpańska

Politechnika Gdańska

s198808@student.pg.edu.pl

Celem mojego referatu jest przedstawienie porównania źródeł energii odnawialnej w kontekście teorii niezawodności za pomocą metod matematycznych. Istnieje kilka rodzajów źródeł odnawialnych, zatem wybrałam trzech przedstawicieli, które najczęściej są pierwszą myślą po usłyszeniu hasła „energia odnawialna”, zatem są to wiatraki, panele fotowoltaiczne oraz elektrownie wodne. Niezawodność pomaga określić perspektywy życia badanych obiektów, co uważam za bardzo ważne w kontekście ekologii. Wytwarzana energia jest bardzo ważna, lecz obiekty, które nie będą działać wiecznie, muszą ulec biodegradacji, co niestety jest szkodliwe dla środowiska, zatem warto uwzględnić, które jest najmniej szkodliwe pod tym względem. Analizę niezawodności wykonałam za pomocą rozkładu Weibulla, funkcji niezawodności średniego czasu do awarii, intensywności awarii oraz procesów Markowa. Uwagę poświęciłam najczęstszym powodom wyniszczenia wyżej wspomnianych obiektów, takich jak pęknięcia, awarie mechaniczne czy korozje. Rezultatem mojej analizy są następujące wnioski: panele fotowoltaiczne działają mniej więcej 25 lat, wiatraki około 20 lat, a turbiny wodne od 30 do nawet 50 lat. Najdłużej działające źródło niestety jest najbardziej narażone na uszkodzenia, a najkrócej działające ulega najmniej. Najbardziej w tej kwestii są wyważone wiatraki, które są pomiędzy.

Przesył energii przy użyciu NFC

Paweł Żuczek

AGH oraz UJ (projekt był realizowany w ramach AGH)

pzuczek@student.agh.edu.pl

NFC, z ang. near field communication, jest szeroko rozpowszechnioną technologią szczególnie w telefonii komórkowej oraz płatnościach bezdotykowych. Szczególnie interesująca jest wykorzystywana wysoka częstotliwość sygnału

13,56MHz. Ma ona znaczący wpływ na krótki zasięg. W naszej pracy badaliśmy, jakie są tego konsekwencje na przesył energii oraz rozkład pola magnetycznego pochodzącego od cewki nadawczej komunikującej się z cewką odbiorczą, testując wybrane modele teoretyczne. W tym celu m.in. zaprojektowaliśmy autorskie stanowisko pomiarowe, służące do przetestowania wcześniejszych wyprowadzonych modeli. Przetestowano model cewek sprzężonych, który prawidłowo przewidział wystąpienie maksimum przesyłanej mocy, wbrew intuicji, nie w najbliższym możliwym położeniu. Efekt ten może znaleźć zastosowanie przy konstrukcji ładowarek indukcyjnych. Dodatkowo przeprowadziliśmy badanie rozkładu pola porównując go z ograniczonym modelem na podstawie prawa Biota-Savarta. Jak przewidywano, rozpoznano strefy, w których rzeczywisty rozkład znacznie odbiega od testowanego modelu, co potwierdza, że istnieją efekty, m.in. związane z przyspieszającymi ładunkami, które wprowadzają niezbędne poprawki.

Rubber bands as projectiles - IPT problem solution

Natalia Gajewska

Uniwersytet Jagielloński

n.gajewska@student.uj.edu.pl

Shooting a rubber band by using its own extension is a well known phenomenon, one that illustrates physics concerning elastic materials in action exceptionally well. But just how fast can such a projectile be launched? While much has been written about modelling deformations of rubber-like materials and waves propagating through them, such research is usually intended for engineering purposes and ends up unapproachable for bachelor-level physics students.

This presentation made for International Physicists' Tournament aims to explain the basics of continuum mechanics in an accessible way and demonstrate creative problem solving for approaching experiments, as an audio-based method was for measuring the speed of a flying rubber band.

BPS states counting: Where knot theory meets physics

Tomasz Grewenda

Jagiellonian University

tomasz.grewenda@student.uj.edu.pl

Quantization of various supersymmetric field theories in general poses a serious challenge as it requires dealing with large multiplets of particles and quantum corrections to quantities such as masses and topological invariants. However, considering only the special case of the so called BPS states vastly simplifies the problem while retaining the important physical content and guaranteeing stability. On the other hand, modern topological quantum field theories strongly rely on knots and their invariants (with realizations such as the M theory and Chern-Simons theory). Actually, a knot-theoretic description of D-brane BPS systems enables the protection of said knot invariants in the process of quantization. Thus, they are conjectured to count the BPS states, giving a physical insight into the knot theory. Furthermore, I explain how recent developments unravel a deep connection between knots and quivers (a type of graphs) and the way it gives rise to a BPS states algebra. This leads to a promising interpretation of a wide variety of BPS interactions as being encoded by Donaldson-Thomas invariants of quivers, a topic nowadays actively investigated.

Non-commutative geometry: from pseudo-differential operators to spectral triples

Aliaksandr Rybalka

Jagiellonian University in Kraków

aliaksandr.rybalka@student.uj.edu.pl

Algebraic structures provide a strong foundation for the description of many physical processes. As an example, classical Riemannian manifold theory uses commutative algebras of analytic functions to describe certain geometric properties of space. It is sometimes possible to describe the topological space as a whole, by possessing an information commuting algebra of functions,

defined on that space. Nature, however, shows us phenomena that are described by non-commutative functions and operators. Examples here include non-relativistic quantum mechanics and quantum field theory, as well as certain approaches towards so-called "quantum gravity". In this talk, I want to discuss the algebra of pseudo-differential operators and their modern application in the description of spectral triples. I will also give examples of how the unique trace on this algebra could provide us with the information about the geometry of space.

Rozwiązywanie równania sinus-Gordona poprzez transformację Bäcklunda

Matylda Róg

Uniwersytet Jagielloński

matylda.rog@student.uj.edu.pl

Solitony są falami powstałymi w nieliniowych ośrodkach, pełniącymi kluczową rolę w wielu dziedzinach fizyki, takich jak fizyka materii skondensowanej, fizyka jądrowa, kondensaty Bosego-Einsteina, optyka nieliniowa, kosmologia czy fizyka cząstek elementarnych. Kinki, nazywane również ścianami domenowymi, są jednym z najprostszych solitonów topologicznych, występującymi w wielu teoriach pola m.in. modelu sinus-Gordona, modelu Christ–Lee oraz abelowym polu Higgsa. Podczas swojej prezentacji omówię różne typy solitonów na przykładzie rozwiązań równania sinus-Gordona oraz przedstawię metodę otrzymywania tych rozwiązań poprzez użycie transformacji Bäcklunda oraz diagramu Bianchi. W szczególności skupię się na rozwiązaniach typu kink/antikink oraz typu breather, a następnie sposobach wykorzystywania ich do generacji bardziej załóżonych rozwiązań jak rozwiązanie typu woobler, złożenie kinka z breatherem, czy rozwiązanie dwu breatherowe. Rodziny solitonów stworzone w ten sposób z prostych kinków i breatherów są jednym z kluczowym narzędziem do opisywania solitonów w modelach niecałkowalnych.

A Semi-Analytical Framework for Studying Feedback Effects on Population III Stars

Sukalpa Kundu

Nicolaus Copernicus Superior School

sukalpakundu@student.sgmk.edu.pl

Recent radiation-hydrodynamics simulations suggest that ionising radiation from the primordial protostars plays a key role in regulating the accretion process. However, it is difficult to follow the long-term evolution (a few million years) as they are computationally expensive at very high resolutions ($10^{18}/cc - 10^{19}/cc$). *In that regard, we attempt to construct a fast, alternative semi-analytical framework that can capture the entire dynamical evolution, including accretion*

We model the baryonic cloud with a spherically symmetric analytical profile. The protostars accrete mass from the ambient medium and move under the influence of gravity and dynamical friction. Our numerical experiment also allows us to track the long-term evolution of properties such as accretion rate, mass function, trajectories, etc, to approximately a million years. The model successfully reproduces the well-studied phenomena like mergers, binary formation, etc., and also makes it possible to estimate the likelihood of their survival to the present epoch.

Currently, we aim to incorporate the effects of photoionisation feedback in our framework, replacing the radiation pressure feedback in the previous setup. By analysing the properties of the Strömgren sphere along with the Bondi flow, we attempt to determine how photoionisation suppresses the accretion process and constrains the mass. According to our initial observation, this is possible once we have a low-density ambient medium in the immediate vicinity of the protostar. A few more interesting findings are on the way.

Od Newtona do kubitów: Jak informatyka kwantowa może zrewolucjonizować fizykę?

Sebastian Parzych

Politechnika Gdańska

s188609@student.pg.edu.pl

Przez ostatnie sto lat fizyka kwantowa całkowicie zmieniła nasze postrzeganie rzeczywistości, wprowadzając pojęcia takie jak superpozycja, splątanie czy dualizm korpuskularno-falowy. Choć nasza wiedza o świecie osiągnęła niespotykany poziom precyzji, czy możemy – jak niegdyś Lord Kelvin – stwierdzić, że „fizyka jest skończona i nie ma już w niej miejsca na nic nowego”?

Informatyka kwantowa otwiera nowy rozdział, w którym prawa mechaniki kwantowej stają się narzędziem do rozwiązywania problemów obliczeniowych. Algorytm Grovera, pozwalający na efektywne przeszukiwanie baz danych, oraz algorytm Shora, zdolny do faktoryzacji dużych liczb w czasie wykładniczo krótszym niż klasyczne metody, są przykładami potencjału tej rewolucji. Podczas prezentacji omówię zastosowanie tych algorytmów w kontekście obliczeń kwantowych oraz przedstawię wyniki numerycznych i symulacyjnych badań, które ilustrują ich praktyczne zastosowanie. Przeanalizuję, jak te algorytmy mogą wpłynąć na rozwiązanie problemów, które w klasycznej fizyce były dotychczas trudne lub niemożliwe do rozwiązania.

Rekoneksja magnetyczna oraz jej związek z jasnością aury borealis

Jakub Smaga

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

jakubsmaga@student.agh.edu.pl

Zorze polarne powstają w wyniku oddziaływania naładowanych cząstek wiatru słonecznego z ziemskim polem magnetycznym, prowadząc do emisji światła w górnych warstwach atmosfery. Ich badanie ma znaczenie nie tylko estetyczne, ale także naukowe – pozwala lepiej zrozumieć procesy w magnetosferze oraz ich wpływ na funkcjonowanie ziemskich technologii.

Ekstremalne burze magnetyczne, takie jak *Carrington Event* z 1859 roku, mogą wywołać katastrofalne skutki. Historyczna burza spowodowała awarie systemów telegraficznych i porażenia operatorów przez indukowane prądy. Według współczesnych analiz, podobne zdarzenie dziś spowodowałoby straty szacowane na 3,35 biliona dolarów wyłącznie w USA.

Kluczowym procesem odpowiadającym za intensyfikację zórz jest rekoneksja magnetyczna – gwałtowna reorganizacja struktury pola magnetycznego, która przyspiesza w magnetosferze naładowane cząstki i prowadzi do dynamicznych zmian oraz rozjaśnienia zorzy. W naszych badaniach łączymy analizę sekwencji czasowych (*time-lapse*) z ekspedycji koła SKNF Bozon do szwedzkiej Blattnicksele z danymi satelitarnymi dotyczącymi parametrów wiatru słonecznego i stanu magnetosfery.

Od strony informatycznej, wyznaczamy krzywe zmian jasności zórz i korelujemy je z parametrami plazmy słonecznej (prędkość, gęstość) oraz modelami numerycznymi prognozującymi zjawiska magnetosferyczne, takimi jak model OVATION. Tworzymy wizualizacje dynamiki oraz badamy statystyczne zależności między jasnością emisji a warunkami panującymi w magnetosferze. Naszym celem jest znalezienie jednoznacznych wskaźników korelujących rekoneksję magnetyczną z efektami optycznymi występującymi podczas zorzy polarnej.

W referacie opiszemy mechanizm rekoneksji magnetycznej w ogonie magnetosferycznym Ziemi oraz jej wpływ na zjawiska atmosferyczne. Omówimy wyniki naszych analiz, w tym pomiary i korelacje z danymi satelitarnymi. Przedstawimy również zastosowane metody, wykorzystane narzędzia oraz możliwe kierunki dalszych badań nad związkiem rekoneksji magnetycznej z wyglądem zorzy polarnej.

Transport kwantowy w sieciach hiperbolicznych

Jan Mierzejewski

Politechnika Wrocławska

275351@student.pwr.edu.pl

Współczesne badania nad syntetyczną materią kwantową umożliwiają studiowanie cząstek poruszających się w geometrii nieeuklidesowej. Dyskretną sieć reprezentującą geometrię o ujemnej krzywiznie nazywamy siecią hiper-

boliczną. W niniejszej pracy przeanalizowane zostaną zjawiska transportu kwantowego na takich modelach. Do badania właściwości transportowych wykorzystany zostanie formalizm funkcji Greena dla układów skończonych, oparty na reprezentacji Hamiltonianu w języku ciasnego wiązania. Równania transportu kwantowego sformułowane zostaną w oparciu o podejścia Landauera-Buttikera oraz Meira-Wingreena, co pozwala na opis transmisji w badanych układach. Następnie przeanalizowany zostanie transport w konfiguracji Hall-Corbino. Ponadto zbadana zostanie zależność współczynnika dyfuzji od krzywizny, uwzględniając wprowadzenie nieporządku na sieci w modelu Andersona. Słowa kluczowe: transport kwantowy, sieci hiperboliczne, funkcje Green'a, formalizm Landauera-Buttikera, model Andersona.

Posters

Computational Modeling of Ce-Pr Oxide Interfaces: Insights into Electronic Structure

Wiktoria Szopa

Wydział Fizyki, Politechnika Warszawska

01169779@pw.edu.pl

Electricity consumption is continuously rising, making the production and storage of electrical energy a critical challenge. Solid oxide fuel cells (SOFCs) enable the direct conversion of chemical energy into electricity, offering significantly higher efficiency than conventional lithium-ion battery systems. A key component of any electrochemical energy device is the electrolyte. Cerium oxide (ceria), a polycrystalline material, serves as a solid electrolyte due to its high ionic conductivity. Praseodymium-doped ceria (PDC) is a promising mixed ionic-electronic conductor that, depending on the doping level, can function as both an electrolyte and a cathode. The ability to engineer a continuous material with dual functionality reduces issues associated with the electrolyte-cathode interface by improving structural compatibility.

In this study, quantum mechanical calculations based on density functional theory (DFT) were used to investigate the electronic structure of praseodymium-doped ceria. Different phases of PDC were analyzed: the crystalline phase, the amorphous phase, and the interface between the crystalline and amorphous phases. The electron density of states functions and the average charges on ions were determined. For the crystalline-amorphous interface, the effect of amorphousness on the electronic density of states function derived from specific elements was examined. In the conduction band, near the Fermi level, it was observed that the majority of electron states are introduced by cerium atoms in the most amorphous positions. Bader charge analysis was performed, revealing that the average charge on ions of the same type rema-

ined similar across all phases studied. For the phase interface, the effect of an atom's amorphous position on its charge was also investigated.

Use of FTIR spectroscopy for biomolecular micro-imaging of rodent cerebellum-an investigation into obesity-induced changes

Wiktoria Tokarczyk

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

wiktoriaatoka@student.agh.edu.pl

Fourier Transform Infrared micro-spectroscopy (FTIR) has a wide range of applications for the molecular analysis of various types of samples. It is particularly popular in the analysis of biological material. FTIR is a non-destructive method that does not require the use of any standards or markers. Moreover, measurements on a microscopic scale can be performed by combining a FTIR spectrometer with an infrared microscope. The investigation was conducted on thin cross-sections of the cerebellum of male Wistar rats. In the experiment we used the animals with high-calorie diet-induced obesity (n=8) and their lean counterparts (n=7). From each cerebellum two slices were examined - one from the anterior part and the other from the posterior part. For each slice areas of grey matter and white matter were analyzed separately. Biomolecular parameters such as lipid unsaturation, the ester-to-fat ratio, the fatty acyl chain length, the lipid-to-protein ratio, the β -sheet to α -helix ratio in proteins and the proportion of β -sheet and β -turn secondary structures in proteins were determined and compared between the groups. The statistical significance of the differences between the obese and lean individuals with regard to the aforementioned parameters was tested using the Mann-Whitney test. We found that the differences in the ratio of β -sheet to α -helix forms in proteins in the white matter of the anterior cerebellum slice were statistically significant, a significant difference was also observed in the proportion of β -sheet and β -turn secondary structures in proteins in the white matter of the same slice. For the other molecular parameters no differences were found in the analyzed cerebellum structures between obese and lean individuals. Furthermore, distribution maps of the analyzed parameters

showing the biomolecular differences between the grey and white matter of the cerebellum have been developed and will be presented.

Postępy w budowie laserowego spektroskopu gazów śladowych

Antoni Łasica

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

tony@student.agh.edu.pl

Metan, obok dwutlenku węgla, jest jednym z istotnych gazów cieplarnianych, zaś od czasów przed rewolucją przemysłową jego stężenie w powietrzu wzrosło kilkukrotnie. Mobilny pomiar stężenia metanu, podstawowy w badaniach środowiskowych, wymaga kompaktowych urządzeń o możliwie wysokiej rozdzielczości. Powszechnie stosowana jest spektroskopia laserowa, gdzie mierzone jest osłabienie wiązki laserowej o długości emitowanej fali dopasowanej do linii absorpcji metanu. W wystąpieniu przedstawiono napotkane problemy i osiągnięcia studenckiego projektu budowy spektroskopu laserowego opartego na absorpcji światła podczerwonego. Zebrane zostały wyniki symulacji użytych przy planowaniu geometrii systemu optycznego spektroskopu. Przedstawiono metodę analizy drogi światła laserowego w systemie optycznym, a także analizę zmiany natężenia sygnału laserowego w zależności od stężenia metanu w torze optycznym. Przedstawiono praktyczną realizację systemu optycznego spektroskopu. Przedstawiono rolę poszczególnych komponentów optycznych i scharakteryzowano trudności w montażu układu. Wyprowadzono wymagania stawiane elektronicznemu układowi analizy, zdolnemu zmierzyć sygnał o bardzo niskim stosunku sygnału do szumów. Przedstawiono koncept i symulacje wzmacniacza lock-in i mobilnego niskoszumowego modułu zasilania.

Magnetic, thermal and transport properties of C14 Laves compound SmRu

Zuzanna Borchert

Politechnika Gdańska

s185513@student.pg.edu.pl

The Laves phases characterized by the general formula AB, represent a class of intermetallic compounds with optimal filling of space and the maximum number of atoms bound to the central atom. Among these, SmRu has drawn interest due to its polymorphic nature and magnetic properties. This work presents an extensive characterization of physical properties of intermetallic compound, obtained by the solid-state synthesis method. Structural examinations using powder X-ray diffraction indicate that the resulting material exhibits a Laves-type structure in a hexagonal variant SmRu (MgZn). Magnetic property investigations confirmed the ferromagnetic ground state of SmRu in the hexagonal structure, exhibits a ferromagnetic ground state with a Curie temperature T_C of approximately 38 K. Complementary specific heat and resistivity studies further confirm the presence of a phase transition. These findings provide valuable understanding of the behaviour of SmRu, contributing to the broader exploration of Laves-phase compounds.

Changes in the biophysical properties of erythrocytes during in vitro aging: analysis of osmotic fragility and hemolysis.

Weronika Torończak

Politechnika Wrocławska

258747@student.pwr.edu.pl

Weronika Torończak¹, Małgorzata Kucharska¹, Tomasz Walski¹

1. Department of Biomedical Engineering, Faculty of Fundamental Problems of Technology, Wrocław University of Science and Technology, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

Introduction Aging of erythrocytes is associated with gradual changes in their biophysical properties, affecting osmotic fragility, membrane structure, and

mechanisms of hemolysis. This process plays an important role in the physiology of circulation, as well as in the pathogenesis of various hematological diseases. Changes in membrane stiffness, lipid composition, and protein interactions can affect erythrocyte stability and their ability to survive in the vascular system. The study aimed to investigate the effect of erythrocyte aging on their osmotic fragility, morphology, and hemolysis.

Materials and methods Erythrocyte samples, stored for 1, 2, and 4 weeks in SAGM preservation medium, were subjected to osmotic fragility analysis in NaCl solutions of variable tonicity. Morphology was assessed using a hematology analyzer (Mindray, BC-2800) and microscopic techniques supported by an artificial intelligence-based tool for interpretable analysis of erythrocyte morphology (Redtell application). The hemolysis process was monitored spectrophotometrically.

Results and conclusions Our results showed that as erythrocytes age in vitro during storage, their susceptibility to osmotic changes shifts toward higher NaCl concentrations. Concurrently, morphological changes are observed, including an increase in mean cell volume (MCV) and echinocytosis, along with a gradual rise in free hemoglobin concentration and the presence of fragmented cells. These findings clearly highlight the need for further development of new techniques to mitigate red blood cell storage lesions. This research was funded by a grant from the National Science Center (UMO-2022/47/D/ST7/02938).

Accurate ab initio calculations of interaction potentials of the alkali and alkaline-earth metal hydrides

Jan Okoński

Uniwersytet Warszawski / Instytut Fizyki Teoretycznej, Wydział Fizyki

jd.okonski@student.uw.edu.pl

Motivation: Diatomic molecules play an important role in quantum chemistry and physics by providing a testbed for benchmarking molecular theory. Calculations of molecular properties are crucial for guiding experiments. Ultracold molecules provide a good framework for observations of quantum effects. Some alkaline-earth metal monohydrides like BaH^2 are also promising candidates for a source of ultracold hydrogen [1].

Purpose: Calculations of potential energy curves form the basis for deter-

mining other molecule properties such as rovibrational states. Experimental spectroscopic studies on the BaH² molecule are currently underway in Prof. F. Merkt's group at ETH Zurich. Recently an article about BaH was published [2]. We aim to provide the interaction energy as accurately as possible. Methods: We applied coupled cluster theory for post-Hartree-Fock calculations. A range of different electronic-structure-describing techniques was employed to achieve a high level of accuracy and provide insightful comparisons. Basis sets with cardinal numbers up to 5Z were utilized. The energies were extrapolated to the complete basis set limit. We applied corrections such as the adiabatic correction, the correction for the full triple coupled cluster excitations and others.

Results: Interaction potentials were calculated for distances ranging from 2 a up to 50 a. Corrections helped us improve the precision of our results. We reached a theoretical accuracy of around 0.5

Summary: The results of our calculations are highly accurate and serve as a foundation for deriving other molecular parameters. The alkali and alkaline-earth metal hydrides, especially their ions, have not been extensively studied by others in terms of ab initio calculations, our results are among the most accurate available. Additionally, they provide a valuable reference for comparison with experimental data.

[1] I. C. Lane, Phys. Rev A, 92, 022511, (2015) [2] J. R. Schmitz and F. Merkt, Phys. Chem. Chem. Phys., 27, 1310-1319, (2025)

SIMULATION OF BACKGROUND SIGNALS OF ATMOSPHERIC MUONS FOR P-ONE.

Shreya Sharma

Institute of Nuclear Physics, Polish Academy of Sciences

shreya.sharma@ifj.edu.pl

Neutrino Astronomy is proceeding with the development of new neutrino telescopes. The opaqueness of the Universe to the photons at high energies makes the neutrino an excellent probe to study most of the energetic objects of the cosmos. With this aim, the Pacific Ocean Neutrino Telescope (P-ONE) is planned to be deployed at the Cascadian Basin in the Pacific Ocean, off

the coast of Vancouver Island, Canada. The site utilizes the Ocean Networks Canada (ONC) infrastructure for power and data transfer. P-ONE will be complementing the other existing neutrino observatories to provide a full sky coverage. P-ONE is also suitable for its sensitivity towards the galactic plane region.

The dominant background to such telescopes is the atmospheric muons. Reducing background signals is critical due to the low neutrino signal rates. Simulations using CORSIKA and MUPAGE have been conducted to model muon energy spectra, multiplicity, and arrival directions. MUPAGE's efficiency facilitated the estimation of the expected muon flux at the detector site, aiding in background rejection and enhancing astrophysical neutrino detection.

Assessing Sample Preparation for TXRF: Elemental Analysis of Beer Employing Direct Measurement and Freeze-drying

Witold Rudziński

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie/Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej/SKNF Bozon

wrudzinski@student.agh.edu.pl

This study investigates the impact of sample preparation methods on the elemental analysis of samples using Total Reflection X-ray Fluorescence (TXRF) spectrometry. Direct TXRF analysis of liquid samples can be challenging due to matrix effects and potential loss of trace elements. To address this, we evaluated freeze-drying as an alternative sample preparation technique and compared it to direct measurement. The results highlight the differences in elemental quantification between the two preparation methods, providing insights into the effectiveness of freeze-drying for accurate elemental analysis.

Mikrofabrykacja struktur fotonicznych

Małgorzata Noworyta

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Koło Naukowe Fotochemii Stosowanej

noworyta.mal@gmail.com

Mikrofabrykacja Struktur Fotonicznych

Małgorzata Noworyta^{1,2}, Andrzej Świeży, Konrad Cyprych³, Joanna Ortyl^{1,2,4}

¹Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Katedra Biotechnologii i Chemii Fizycznej, Warszawska 24, 31-155 Kraków, Polska ²Photo4Chem Sp. z o. o., ul. Lea 114, 30-348 Kraków, Polska ³Politechnika Wrocławska, Wydział Chemii, Katedra Optyki Materii Miękkiej, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław ⁴Photo HiTech Sp. z o. o., ul. Bobrzyńskiego 14, 30-348 Kraków, Polska

Wytwarzanie struktur o właściwościach fotonicznych cechuje się interdyscyplinarnością i łączy w sobie elementy fizyki, chemii oraz inżynierii materiałowej, skupia się na wytwarzaniu takich obiektów jak mikro- i nanometryczne struktury zdolne do kontrolowania propagacji światła. Struktury fotoniczne, takie jak kryształy fotoniczne, metapowierzchnie czy funkcjonalne mikroobiekty wykazują unikalne właściwości optyczne wynikające z ich precyzyjnie zaprojektowanej geometrii, pełniąc rolę elementów optycznych, nośników informacji lub mikroelementów funkcjonalnych. [1,2] Jedną z metod wytwarzania tego typu struktur jest fotopolimeryzacja dwufotonowa (TPP, ang. Two-Photon Polymerization) – technika oparta na nieliniowej absorpcji światła, umożliwiająca trójwymiarowe utwardzanie polimerowych materiałów światłoczułych z rozdzielczością poniżej rozdzielczości dyfrakcyjnej. Dzięki polimeryzacji układu jedynie w ognisku intensywnego impulsu laserowego, możliwe jest tworzenie złożonych, wolumetrycznych struktur o nanometrycznych rozmiarach i wysokiej precyzji. [3–5] Bazując na zjawisku TPP wykonano polimerowe obiekty takie jak hologramy oraz QR kody o właściwościach fotonicznych. Proces mikrofabrykacji prowadzono przy długości fali światła 1064 nm. Kompozycje, z których wykonano obiekty zawierały akrylowe monomery, a polimeryzacja przebiegała wedle mechanizmu rodnikowego, z wykorzystaniem nowych pochodnych dimetoksyfenylopropanonu w roli fotoinicjatorów. Badania realizowane w ramach projektu PRELUDIUM 21 o

numerze umowy 2022/45/N/ST5/03665.

- [1] R.T. Chen, Polymer-based photonic integrated circuits, *Opt. Laser Technol.* 25 (1993) 347–365. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0030-3992\(93\)90001-V](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0030-3992(93)90001-V). [2] E.P.A. Van Heeswijk, A.J.J. Kragt, N. Grossiord, A.P.H.J. Schenning, Environmentally responsive photonic polymers, *Chem. Commun.* 55 (2019) 2880–2891. <https://doi.org/10.1039/c8cc09672d>. [3] S. O’Halloran, A. Pandit, A. Heise, A. Kellett, Two-Photon Polymerization: Fundamentals, Materials, and Chemical Modification Strategies, *Adv. Sci.* 10 (2023) 2204072. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/advs.202204072>. [4] T. Wloka, M. Gottschaldt, U.S. Schubert, From Light to Structure: Photo Initiators for Radical Two-Photon Polymerization, *Chem. – A Eur. J.* 28 (2022) e202104191. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/chem.202104191>. [5] M. Carlotti, V. Mattoli, Functional Materials for Two-Photon Polymerization in Microfabrication, *Small.* 15 (2019) 1902687. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/sml.201902687>
-

Antiprotonic atoms and more

Krzysztof Calik

Politechnika Warszawska

krzysztof.calik.stud@pw.edu.pl

The AEGIS collaboration at CERN investigates the properties of antimatter by creating and studying exotic atomic systems. Using antiprotons from the ELENA deceleration ring, we form antiprotonic atoms by combining antiprotons with ordinary matter. After being captured, antiprotons cascade into lower energy levels, ejecting electrons from their orbitals and eventually annihilating when they approach the nucleus. We employ time-of-flight spectroscopy and other advanced techniques to analyze the fragments produced from nuclear annihilation. In addition to studying matter-antimatter interactions and nuclear structure, AEGIS aims to measure the effect of gravity on antimatter using a Moiré deflectometer—a key step toward testing the weak equivalence principle with antihydrogen.

Construction of a cryostat for measuring the efficiency of cells in low-temperature conditions.

Karol Grzywa

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

kgrzywa@student.agh.edu.pl

In light of the growing importance of the space technology market, studying potential energy storage solutions for such applications is crucial. Therefore, a thorough investigation of cell behavior under cryogenic conditions is essential. This poster presents the design and characteristics of an innovative cryostat dedicated to precise electrochemical studies of cells across a temperature range from room temperature down to liquid nitrogen (77 K), opening the way to advanced analyses of cell operation mechanisms at low temperatures. The cryostat is designed for immersion in a dewar filled with liquid nitrogen, which ensures rapid and efficient sample cooling as well as temperature stability during long-term experiments. The compact measuring chamber, made of materials with high thermal conductivity, guarantees uniform temperature distribution around the tested cell. Vacuum insulation between measuring chamber and external surroundings minimizes heat losses as well as liquid nitrogen consumption. The designed cryostat is a cost-effective and user-friendly tool enabling routine battery testing under cryogenic conditions, contributing to the faster development of batteries capable of operating in extremely low temperatures.

Modelowanie komputerowe izolatorów Chern'a: od modelu Haldane'a do warstwowych struktur moiré

Kacper Połuszejko

Akademia Górniczo-Hutnicza

kpoluszejko@student.agh.edu.pl

Izolatory topologiczne to materiały, które mimo że przewodzą prąd na powierzchni lub brzegach, pozostają izolatorami w objętości. Szczególnym przy-

padkiem takich układów są izolatory Chern'a, w których występuje kwantowy efekt Halla, ale bez konieczności stosowania zewnętrznego pola magnetycznego ani obecności poziomów Landaua. Ich nietrywialna struktura topologiczna związana jest z tzw. liczbą Chern'a – wielkością opisującą globalne własności pasma energetycznego.

Celem mojego wystąpienia jest przedstawienie dwóch modeli komputerowych opisujących tego typu układy. Pierwszy z nich to klasyczny model Haldane'a, w którym poprzez wprowadzenie złożonych przeskoków do dalszych sąsiadów w grafenowej sieci plastra miodu uzyskuje się izolator Chern'a. Drugi model oparty jest na nowszych badaniach dotyczących dwuwarstwowych struktur moiré zbudowanych z $MoTe_2$ i WSe_2 . W tych układach powstaje sieć plastra miodu (sieć moiré), w której podsieci znajdują się w oddzielnych warstwach. Wykazano, że taki układ przy zastosowaniu niewielkiego pola magnetycznego zachowuje się jak izolator Chern'a.

W prezentacji przedstawię zarówno założenia teoretyczne, jak i wyniki symulacji komputerowych wykonanych w języku Python oraz w pakiecie Kwant, bazujących na modelu Haldane'a oraz najnowszych badaniach teoretycznych i eksperymentalnych.

Examples of effective physics teaching inspired by pop culture

Alicja Jagielska

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

ajagielska@student.agh.edu.pl

Science fiction often misrepresents physics, but these inaccuracies present great learning opportunities especially for students in schools with limited access to live experiments. A particularly effective way to incorporate movies into physics education is by turning famous scenes into problem-solving exercises. Teachers can use film clips to introduce real-world physics concepts, followed by problem-solving activities such as calculating time dilation near a black hole or determining the acceleration required for a spaceship to escape a planet's gravity. By connecting cinematic storytelling with scientific principles, students develop both an appreciation for physics and a more critical

perspective on how it is portrayed in media. Teachers might ask students to identify unrealistic physics in a given scene, then modify the scenario to make it scientifically accurate. I therefore propose the introduction of constructivist teaching in a problem-based strategy.

Optical Transitions in the Ultracold Ytterbium Dimer

Weronika Sobień

Uniwersytet Warszawski / Instytut Fizyki Teoretycznej, Wydział Fizyki
w.sobien@student.uw.edu.pl

Introduction: Ytterbium dimers (Yb_2) are molecules composed of two ytterbium atoms, which can form bonds of varying strength depending on their electronic state. Research on these molecules is crucial for understanding interatomic interactions in ultracold quantum gases and for the development of optical atomic clock technology and quantum information science.

Objective: The goal of our study is to reconstruct the optical spectrum and analyze optical transitions in the ytterbium dimer between the singlet ground state $X^1\Sigma_g^+$ and the excited state $A^1\Sigma_u^+$. These investigations provide deeper insight into spectroscopic interactions and the processes leading to the formation of ultracold quantum gases.

Methods: Spectroscopic measurements of the Yb_2 dimer were conducted, complemented by electronic structure calculations based on coupled-cluster theory (CCSD(T)) with new correlation-consistent Gaussian basis sets from double- to quintuple-zeta quality (aug-cc-pwCVnZ-PP, n=2-5). Partial differential equations were solved using the discrete variable representation (DVR) method. Additionally, spectral transition analysis was performed by computing vibrational wavefunction overlap integrals and determining Franck-Condon factors.

Results: Preliminary results include the determination of potential energy curves for both the ground and excited states, as well as the calculation of corresponding ro-vibrational states with visualizations of vibrational wavefunctions. The spectral analysis was carried out using two-dimensional maps of Franck-Condon factors for allowed optical transitions between ro-vibrational states: $(v, J - v', J+1)$, $(v, J - v', J)$ and $(v, J - v', J-1)$. In addition, spectra

were also simulated for different isotopic mixtures of yttrium.

Conclusions: The obtained results provide valuable insights into the spectroscopy of the ytterbium dimer and the mechanisms of optical transitions. The presented analysis enhances the understanding of ultracold quantum gas formation processes and may contribute to further research in optical metrology and quantum technologies.

A Review of Machine Learning Techniques for Modeling Turbulence in Fluids

Magdalena Sielaff

Politechnika Gdańska

s194349@student.pg.edu.pl

Turbulence in fluids represents one of the most complex and challenging phenomena in fluid mechanics. Accurately modeling turbulence is crucial for various engineering and scientific applications, such as aerodynamics, meteorology, and environmental engineering. Traditional numerical methods, including Direct Numerical Simulations (DNS) and Large Eddy Simulations (LES), demand substantial computational resources and have limitations in scale and applicability. This poster aims to review the current machine learning (ML) and artificial intelligence (AI) techniques used for modeling turbulence. Beginning by outlining the fundamental nature of turbulence and the inherent difficulties in its modeling, including its chaotic behavior, high Reynolds number flows, and the wide range of spatial and temporal scales involved. Understanding these challenges highlights the importance of developing more efficient and accurate modeling methods. Furthermore, there is an exploration of various ML and AI approaches that have been proposed to tackle these challenges. Techniques such as deep learning (DL), neural networks (NN), and unsupervised learning algorithms are used to predict turbulent structures and their dynamics. These methods offer significant advantages in processing large datasets from experiments and simulations, leading to the development of more precise and efficient models. This review aims to present the benefits and limitations of these approaches compared to traditional methods, emphasizing the potential of ML and AI to revolutionize turbulence

modeling. Integrating these techniques with conventional numerical methods can result in hybrid models that better predict and control turbulent flows. This advancement holds promise for enhanced performance in various practical applications, paving the way for future research and development.

Geophysical Investigations of Mining Waste Heaps in the RAF Project

Norbert Nieścior

Uniwersytet Warszawski

n.niescior@student.uw.edu.pl

The geophysical-geological component of the RAF (Radagost Astral Forge) analog space base project aimed to investigate anomalies in the Earth's magnetic field. Mining waste heaps presented particularly intriguing research subjects due to spontaneous combustion, which caused magnetic anomalies and the formation of new minerals. These heaps had been insufficiently studied thus far, and this project sought to enhance understanding of the occurrence of minerals that disrupt the magnetic field.

A magnetometer was used to measure the Earth's magnetic field in the locations of mining heaps. In our studies, the magnetometer needed to be placed on a special frame made of non-magnetic materials such as aluminum. Astronauts themselves were highly magnetic and therefore had to avoid direct contact with the magnetometer probe.

During our mission, we gathered rock samples to later examine their magnetic properties. Studies of these samples complemented field magnetometer measurements. The samples were analyzed using a rotational magnetometer, and the results were compared with the Earth's magnetic field values to identify the presence of minerals with ferromagnetic properties on the heaps.

Assessing Sample Preparation for TXRF: Elemental Analysis of Beer Employing Direct Measurement and Freeze-drying

Witold Rudziński

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie/Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej/SKNF Bozon
wrudzinski@student.agh.edu.pl

This study investigates the impact of sample preparation methods on elemental analysis using Total Reflection X-ray Fluorescence (TXRF) spectrometry. Direct TXRF analysis of liquid samples can be challenging due to matrix effects and potential loss of trace elements. To address this, we evaluated freeze-drying as an alternative sample preparation technique and compared it to direct measurement. Samples were analyzed using both methods. For direct TXRF, samples were degassed, and measured after adding Gallium internal standard (IS). For freeze-drying, samples were frozen, lyophilized, and acid-digested with Ga IS before TXRF analysis. The results highlight the differences in elemental quantification between the two preparation methods, providing insights into the effectiveness of freeze-drying for accurate elemental analysis.

Próg perkolacji kwantowej

Jakub (wraz z Aleksandrem i Jakubem) Wawruszczak (Rutkowskim i Rękasem)

Politechnika Wrocławska
275339@student.pwr.edu.pl

Celem przedstawionej pracy była analiza klasycznej i kwantowej perkolacji, motywowana zjawiskiem jednocząstkowej lokalizacji Starka oraz Andersona. Przeprowadziliśmy numeryczne obliczenia w celu porównania wartości progu perkolacji znanego z klasycznej teorii grafów z jej kwantowym odpowiednikiem – cząstką której ruch na dyskretnej sieci jest opisywany za pomocą modelu ciasnego wiązania a dynamika dana jest przez równanie Schrödinge-

ra. Oba podejścia zostały rozważone w dwuwymiarowym układzie, a analiza numeryczna wykorzystuje trzy autorskie podejścia do wyznaczenia kwantowego progu perkolacji: (i) Obliczenie współczynnika Participation Ratio (ii) przekrycie funkcji własnych cząstki (iii) ewolucja czasowa stanu cząstki. Nasze wyniki wskazują, że to geometryczne przejście fazowe zachodzi szybciej dla cząstki kwantowej niż dla cząstki klasycznej.

Mass in gravity

Grzegorz Dziewisz

UWr

323120@uwr.edu.pl

The presentation explores the concept of mass in gravitational theories. Different types of mass—such as inertial and gravitational mass—will be discussed, along with their mutual relationships. Definitions and sources of mass will be examined within the frameworks of Newtonian mechanics and General Relativity. The aim of this presentation is to highlight fundamental questions concerning the nature of mass, serving as a starting point for further research in the master's thesis.

Probing of Chiral Andreev Edge States in Quantum Hall-Superconductor System

SHALINI MAJI

AGH University of Krakow

maji@agh.edu.pl

The semiconductor-superconductor hybrid nanostructures in the Quantum Hall regime spurred interest as they are considered to host Chiral Andreev Edge States (CAESs). The edge states formed at the quantum hall domain can couple with the superconductor via processes such as Andreev reflection and form hybridized electron-hole states, referred to as CAESs [1]. Under spe-

cific conditions, CAESs are expected to be self-conjugate, reducing to chiral Majorana edge modes, which are the building blocks of the fault-tolerant quantum computer [2]. These edge states travel along the QH-SC interface directed by the magnetic field and accumulate some phase along the width of the interface, which effects the Andreev reflection probability. In this work, we consider a quantum hall system in contact with a superconductor and inject electrons from an infinite lead at the top of the system. The conductance measured varying the chemical potential of the system at a constant magnetic field exhibits distinct oscillations, unlike the normal quantum hall system. These oscillations are explained by the probability of an electron converting into a hole, which depends on the phase difference between the predicted CAESs formed in the QH-SC interface [3].

[1] Y. Takagaki, Phys. Rev. B 57, 4009 (1998) [2] A.Yu. Kitaev, Ann. of Phys. 303, 1, (2003) [3] Lingfei Zhao et. Al, Nat. Phys, 16, (2020)

Cooper pairs in three-component systems of several fermions

Grzegorz Jacewski

Uniwersytet Warszawski

g.jacewski2@student.uw.edu.pl

We study three-component mixtures of fermions, with a main focus on momentum correlations induced by the contact interaction between each component. In the case of a two-component mixture, it is well established that Cooper pairing between particles with opposite momenta occurs. Adding interaction with a third component to the system introduces effective correlation between fermions with the same momenta. We study how the interplay between those two pairings depends on interaction strength parameters and look for possible non-trivial three-body correlations.

Prospects for light exotic scalar measurements at the e^+e^- Higgs factory

Bartłomiej Brudnowski

Uniwersytet Warszawski

b.brudnowski@student.uw.edu.pl

Existence of extra light scalars is still not excluded by the existing experimental data, provided their coupling to the SM gauge bosons is sufficiently suppressed. They could be produced at the e^+e^- Higgs factory in a scalar-strahlung process, analogous to the Higgs-strahlung process being the dominant production channel for the 125 GeV Higgs boson. However, couplings of such a light scalar could also be different from the SM predictions leading to non-standard decay patterns. In my talk, I would like to summarize results addressing the feasibility of direct light scalar observation at future e^+e^- collider experiments in the $SZ \rightarrow b\bar{b}l\bar{l}$ decay channel. This is one of the focus topics of the ECFA Higgs/Top/EW factory study.

Introduction to aircraft design

Piotr Gołuchowski

Rzeszów University of Technology

170083@stud.prz.edu.pl

Aircraft design is a complex engineering process that requires consideration of aerodynamics, structural mechanics, propulsion systems, and operational requirements. This presentation introduces the key aspects of this field, covering aerodynamic configurations, material selection, and methods for assessing stability and control. The fundamental stages of design will be discussed, from defining mission requirements to developing an initial concept and evaluating performance and safety.

The main goal of this presentation is to explain the basic principles that engineers must consider when designing an aircraft. Fundamental concepts such as the balance of forces acting on an aircraft, the importance of wing shape, and the influence of mass and center of gravity on flight will be explored. The

talk does not require prior specialized knowledge and aims to demonstrate how physics principles translate into real-world aircraft design.

This presentation is intended for anyone interested in understanding the fundamental principles behind aircraft design, regardless of their background or previous experience in aviation.

Fizyczne aspekty wykorzystania ciepła z elektrowni jądrowych planowanych dla Polski

Magdalena Sielaff

Politechnika Gdańska

s194349@student.pg.edu.pl

Energetyka jądrowa może stać się za pewien czas jednym z podstawowych źródeł energii dla Polski. Oprócz produkcji energii elektrycznej, reaktory jądrowe mogą również dostarczać ciepło do systemów ciepłowniczych, co pozwala na efektywniejsze wykorzystanie wytwarzanej energii. Istotne w systemach kogeneracyjnych są mechanizmy wymiany ciepła, występujące straty cieplne oraz fizyczne ograniczenia związane z transportem ciepła na poziomie infrastrukturalnym. Przedstawione zostaną wyzwania z tego wynikające oraz potencjalna rola takiego rozwiązania w transformacji polskiego systemu energetycznego.

Optyczne przejścia w ultrazimnym dimerze iterbu

Weronika Sobień

Uniwersytet Warszawski / Instytut Fizyki Teoretycznej, Wydział Fizyki

w.sobien@student.uw.edu.pl

Wprowadzenie: Dimery iterbu (Yb_2) to cząsteczki zbudowane z dwóch atomów iterbu, które w zależności od ich stanu elektronowego mogą tworzyć wiązania o różnej sile. Badania nad tymi cząsteczkami są kluczowe dla zrozumienia oddziaływań międzyatomowych w ultrazimnych gazach kwantowych oraz dla rozwoju technologii optycznych zegarów atomowych i informatyki

kwantowej.

Cel: Celem naszych badań jest rekonstrukcja widma optycznego oraz analiza przejść optycznych w dimerze iterbu między singletowym stanem podstawowym $X^1\Sigma_g^+$ a stanem wzbudzonym $A^1\Sigma_u^+$. Badania te pozwalają na lepsze zrozumienie oddziaływań spektroskopowych oraz procesów prowadzenia do powstawania ultrazimnych gazów kwantowych.

Metody: Przeprowadzono spektroskopowe pomiary dimeru Yb_2 oraz wykonano obliczenia oparte na metodach teorii struktury elektronowej, w tym teorii sprzężonych klasterów (CCSD(T)) wraz z nowymi bazami (aug-cc-pwCVnZ-PP, n=2-5). Do rozwiązywania równań różniczkowych cząstkowych zastosowano metody dyskretnej reprezentacji zmiennych (DVR). Ponadto dokonano analizy przejść spektralnych poprzez obliczenie całek nakrywania funkcji wibracyjnych oraz wyznaczenie współczynników Francka-Conдона.

Wyniki: Wstępne wyniki obejmują wyznaczenie krzywych potencjału dla stanów podstawowego i wzbudzonego oraz obliczenie odpowiadających im stanów ro-wibracyjnych wraz z wizualizacją funkcji wibracyjnych. Analiza spektrum opracowana została na podstawie dwuwymiarowych map współczynników Francka-Conдона dla dozwolonych przejść optycznych między stanami ro-wibracyjnymi $(v, J - v', J+1)$, $(v, J - v', J)$ oraz $(v, J - v', J-1)$. Dodatkowo przeprowadzono również symulacje widma dla różnych mieszanek izotopowych iterbu.

Wnioski: Uzyskane wyniki dostarczają cennych informacji na temat spektroskopii dimeru iterbu oraz mechanizmów przejść optycznych. Przedstawiona analiza pozwala na lepsze zrozumienie procesów formowania ultrazimnych gazów kwantowych oraz może znaleźć zastosowanie w dalszych badaniach nad metrologią optyczną i technologiami kwantowymi.

Rezonator Helmholtza w Twoich rękach: Tajemnice dźwięku klaśnięcia w dłonie

Marina Svintsitska

Jagiellonian University

marina.svintsitska@student.uj.edu.pl

Klaskanie to powszechne ludzkie zachowanie, pełniące różnorodne funkcje w codziennym życiu. Choć badania nad tym zjawiskiem są liczne, pełne zrozumienie mechanizmów fizycznych leżących u podstaw powstawania tego dźwięku wciąż pozostaje wyzwaniem. W referacie przedstawię pomiary parametryczne, symulacje oraz eksperymenty przeprowadzone w celu szczegółowej analizy właściwości akustycznych dźwięku klaskania. Eksperymenty wykazały, że dźwięk klaśnięcia jest wynikiem rezonansu powstającego w wyniku przepływu powietrza przez wnękę dłoni, co jest zgodne z klasycznym modelem rezonatora Helmholtza, który wiarygodnie przewiduje częstotliwości dźwięku klaśnięcia w różnych rzeczywistych i zaprojektowanych konfiguracjach dłoni. Elastyczność materiału dłoni wpływa na częstotliwość dźwięku w mniejszym stopniu niż geometria samej dłoni, ale ma istotny wpływ na czas jego trwania. Badane były zarówno przestrzenne, jak i dynamiczne czynniki intensywności dźwięku. Ustalono kwadratową zależność między ciśnieniem w wnęce dłoni a prędkością klaśnięcia, co wyjaśnia pozytywną korelację między szybszymi klaśnięciami a głośniejszymi dźwiękami. Wyniki badania pozwalają lepiej zrozumieć fizyczne mechanizmy powstawania dźwięku klaśnięcia oraz mogą znaleźć zastosowanie w biometrii akustycznej, systemach rozpoznawania użytkowników, a także w edukacji muzycznej i językowej już w najbliższej przyszłości.

Study of the η meson decay in the HADES experiment

Krzysztof Prościński

Jagiellonian University

krzysztof.proscinski@doctoral.uj.edu.pl

The High-Acceptance Di-Electron Spectrometer (HADES) operates at the GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt with pion, proton and heavy-ion beams provided by the synchrotron SIS-18 [1]. In February 2022, the HADES collaboration did conducted measurements with proton beam at 4.5 GeV kinetic energy using the upgraded setup within the FAIR-Phase0 program. A large collected statistics in this run (6 pb⁻¹) opens a possibility for searches of X17 gauge boson and CP violation in η meson decays. X17 is a hypothetical particle [2] which is expected to be obtained in reaction where η meson decays into particles X17 π^+ π^- , where X17 itself decays into e^+ e^- . Study of CP symmetry violation is possible for reaction where η directly decays into π^+ π^- e^+ e^- . To study those reactions at 4.5 GeV, dedicated Monte Carlo simulations have been performed, using the Pluto event generator [3].

Analysis of experimental data have shown a visible η peak in $e^+e^-\pi^+\pi^-$ invariant mass distribution. A series of cuts was developed to suppress number of background events and make the η peak more clear. Sideband analysis allowed to draw e^+ e^- invariant mass distribution for events only in η peak, which is crucial to observe X17 particle. Upper limit on number of $\eta \rightarrow \pi^+ \pi^- X17(e^+ e^-)$ events was calculated equal to 255, which corresponds to upper limit on branching ratio equal $4.89 \cdot 10^{-5}$.

[1] G. Agakichiev et al. (HADES), Eur. Phys. J. A 41, 243 (2009). [2] A. J. Krasznahorkay, M. Csatlós, L. Csige et al., Phys. Rev. Lett. 116, 042501 (2016). [3] I. Frohlich et al., PoS ACAT2007, 076 (2007).
