

## Rekrutacja do Szkoły Doktorskiej w Uniwersytecie Śląskim w Katowicach na rok akademicki 2026/2027

Tematy w dyscyplinie nauki fizyczne

### Admission to the Doctoral School at the University of Silesia in Katowice for academic year 2026/2027

Topics in physical sciences

Spis treści	Contents
1. Analiza nieliniowej i wieloskalowej dynamiki kanałów jonowych z wykorzystaniem metod fizyki statystycznej, analizy sygnałów i uczenia maszynowego – dr hab. Łukasz Machura, prof. UŚ	1. Analysis of Nonlinear and Multiscale Dynamics of Ion Channels Using Methods of Statistical Physics, Signal Analysis, and Machine Learning – dr hab. Łukasz Machura, prof. UŚ
2. Badanie produkcji hiperonu $\Xi$ w zderzeniach ciężkich jonów w eksperymencie NA61/SHINE – dr hab. Szymon Puławski, prof. UŚ	2. Study of $\Xi$ hyperon production in heavy-ion collisions in the NA61/SHINE experiment – dr hab. Szymon Puławski, prof. UŚ
3. Badanie ultraperyferycznych oddziaływań w zderzeniach wysokoenergetycznych w eksperymencie ALICE (CERN) – dr hab. Szymon Puławski, prof. UŚ	3. Study of ultra-peripheral collisions in high-energy interactions in the ALICE experiment at CERN – dr hab. Szymon Puławski, prof. UŚ
4. Charakterystyka faz ciekłych kryształów w nanoporach pod ciśnieniem jako podstawa projektowania inteligentnych materiałów – dr hab. Zbigniew Dendzik, prof. UŚ	4. Phase Characteristic of Liquid Crystals Confined in Nanopores under Pressure as a Basis for Designing Smart Materials – dr hab. Zbigniew Dendzik, prof. UŚ
5. Drogi formowania szkła: symulacyjne badania mikroskopowych mechanizmów podczas chłodzenia i kompresji – dr hab. Kajetan Koperwas, prof. UŚ	5. Glass Formation Pathways: Simulation Studies of Microscopic Molecular Mechanisms under Cooling and Compression – dr hab. Kajetan Koperwas, prof. UŚ
6. Ferroptoza - badanie mechanizmów leżących u podstaw celowanej terapii antynowotworowej – dr hab. Anna Mrozek-Wilczkiewicz, prof. UŚ	6. Ferroptoza – investigating the mechanisms underlying targeted cancer therapy – dr hab. Anna Mrozek-Wilczkiewicz, prof. UŚ
7. Geometria a przenikalność elektryczna: badanie dynamiki przejść fazowych pierwszego rodzaju w przełączalnych dielektrykach – prof. dr hab. Sebastian Pawlus	7. Geometry vs. Dielectric Permittivity: Exploring First-Order Phase Transition Dynamics in Switchable Dielectrics – prof. dr hab. Sebastian Pawlus
8. Identyfikacja naładowanych hadronów w eksperymencie NA61/SHINE (CERN) w reakcjach O+O przy pędzie 150A GeV/c – dr hab. Seweryn Kowalski, prof. UŚ	8. Identification of Charged Hadrons in the NA61/SHINE Experiment (CERN) in O+O Collisions at 150A GeV/c – dr hab. Seweryn Kowalski, prof. UŚ
9. Korelacja pomiędzy skończonym rozmiarem i efektami powierzchniowymi oraz ich wpływem na dynamikę molekularną polimerów w warunkach bezwymiarowego ograniczenia w skali nano – dr hab. Magdalena Tarnacka, prof. UŚ	9. Correlation between the finite size and surface effects and their effect on the molecular dynamics of polymers under two-dimensionless nanoscale confinement – dr hab. Magdalena Tarnacka, prof. UŚ
10. Mechanizmy relaksacji i samoorganizacji w diolach: w kierunku zrozumienia struktur supramolekularnych – prof. dr hab. Sebastian Pawlus	10. Relaxation Mechanisms and Self-Organization in Diols: Toward Understanding Supramolecular Architecture – prof. dr hab. Sebastian Pawlus
11. Modelowanie układu do brachyterapii nowotworów oka metodą Monte Carlo – dr hab. Adam Konefał, prof. UŚ	11. Monte Carlo modeling of the eye cancer brachytherapy system – dr hab. Adam Konefał, prof. UŚ
12. Nierównowagowa termodynamika anomalii dyfuzji – dr hab. Jakub Spiechowicz, prof. UŚ	12. Nonequilibrium thermodynamics of diffusion anomalies – dr hab. Jakub Spiechowicz, prof. UŚ
13. Pomiar polaryzacji indukowanej w reakcji rozbitcia deuteronu w zderzeniu z protonem – dr hab. Elżbieta Stephan, prof. UŚ	13. <b>Measurement of polarization induced in the reaction of deuteron breakup in collision with a proton</b> – dr hab. Elżbieta Stephan, prof. UŚ



14. Poszukiwanie ciężkich, rzadko obserwowanych rezonansów barionowych w zderzeniach proton–proton w eksperymencie ALICE (CERN) – dr hab. Szymon Puławski, prof. UŚ	14. Search for heavy, rarely observed baryonic resonances in proton–proton collisions in the ALICE experiment at CERN – dr hab. Szymon Puławski, prof. UŚ
15. Poszukiwanie źródeł biomasy do wytwarzania materiałów węglowych o cechach strukturalnych odpowiednich na anody baterii jonowych – dr inż. Karolina Jurkiewicz, prof. UŚ	15. Searching for biomass sources for the production of carbon materials with structural features suitable for anodes of ion batteries – dr inż. Karolina Jurkiewicz, prof. UŚ
16. Projektowanie właściwości przewodzących elektrolitów poprzez strukturalną nanoorganizację – prof. dr hab. Żaneta Wojnarowska	16. Designing the Conductive Properties of Electrolytes Through Structural Nanoorganization – prof. dr hab. Żaneta Wojnarowska
17. Przemiany fazowe w organicznych jonowych kryształach do zastosowań barokalorycznych – prof. dr hab. Żaneta Wojnarowska	17. Phase transitions in organic ionic plastic crystals for barocaloric applications – prof. dr hab. Żaneta Wojnarowska
18. Statystyka czasów życia i korelacje długozasięgowe w dynamice kanałów jonowych: teoretyczna rekonstrukcja stanów funkcjonalnych – dr hab. Łukasz Machura, prof. UŚ	18. <b>Dwell-time statistics and long-range correlations in ion channel dynamics: a theoretical reconstruction of functional states</b> – dr hab. Łukasz Machura, prof. UŚ
19. Symetria izospinowa w reakcjach $\pi^+/\pi^- + C$ w oparciu o dane zebrane w eksperymencie NA61/SHINE SPS, CERN – dr hab. Seweryn Kowalski, prof. UŚ	19. Isospin Symmetry in $\pi^+/\pi^- + C$ Reactions Based on Data Collected by the NA61/SHINE Experiment at the CERN SPS – dr hab. Seweryn Kowalski, prof. UŚ
20. Transport materii pasywnej i aktywnej w układach złożonych – dr hab. Jakub Spiechowicz, prof. UŚ	20. Driven transport of passive and active matter in complex environments – dr hab. Jakub Spiechowicz, prof. UŚ
21. Wpływ struktury na właściwości spintroniczne, termoelektryczne i magnetokaloryczne materiałów o strukturze regularnej – dr hab. Jerzy Goraus, prof. UŚ	21. <b>Impact of structure on spintronic, thermoelectric and magnetocaloric properties of materials with cubic structure</b> – dr hab. Jerzy Goraus, prof. UŚ
22. Wyznaczanie parametrów oscylacji neutrin - analiza danych neutrin atmosferycznych i z wiązki w eksperymencie T2K – dr hab. Arkadiusz Bubak, prof. UŚ	22. Determination of neutrino oscillation parameters - analysis of atmospheric and beam neutrino data in the T2K experiment – dr hab. Arkadiusz Bubak, prof. UŚ



Nauki fizyczne temat nr 1	Physical sciences topic No. 1
<b>Analiza nieliniowej i wieloskalowej dynamiki kanałów jonowych z wykorzystaniem metod fizyki statystycznej, analizy sygnałów i uczenia maszynowego</b>	<b>Analysis of Nonlinear and Multiscale Dynamics of Ion Channels Using Methods of Statistical Physics, Signal Analysis, and Machine Learning</b>
PhD supervisor: <b>dr hab. Łukasz Machura, prof. UŚ</b>	
<p><b>Krótką charakterystyką założeń i celów badawczych</b></p> <p>Kanały jonowe to wyspecjalizowane białka błonowe, odpowiedzialne za selektywny transport jonów i prawidłową sygnalizację komórkową. Ich dysfunkcja zaburza podstawowe procesy fizjologiczne i jest przyczyną wielu chorób. Jednym z obszarów badań fizyków teoretycznych jest analiza mechanizmów bramkowania oraz funkcjonalnej dynamiki kanałów jonowych. Realizacja tego celu wymaga integracji podejść wywodzących się z fizyki statystycznej, zaawansowanej analizy sygnałów oraz modeli teoretycznych opisujących dynamikę przejść między stanami funkcjonalnymi kanałów jonowych. Mimo znaczącego postępu w badaniach mechanizmów kanałowego gatingu, wiele aspektów przejść pomiędzy stanami zamkniętym a otwartym pozostaje słabo poznanych. Niejasny pozostaje również wpływ ligandów i leków – czy oddziałują one poprzez stabilizację określonych stanów konformacyjnych, czy też modyfikację dynamiki samych przejść.</p> <p>Dane eksperymentalne uzyskiwane metodą patch-clamp charakteryzują się wysoką złożonością oraz poziomem szumu, a także nieliniowym charakterem procesu gatingu, co stanowi poważne wyzwanie analityczne. Sekwencje patch-clamp wykazują liczne cechy nieliniowe, w tym obecność korelacji długozasięgowych oraz odstępstwa od klasycznych rozkładów statystycznych opisujących czasy przebywania w określonych stanach funkcjonalnych. Głównym celem pracy będzie analiza dynamiki tych sekwencji poprzez połączenie: (i) zaawansowanej analizy czasowo-</p>	<p><b>Brief description of research assumptions and goals</b></p> <p>Ion channels are specialized membrane proteins responsible for selective ion transport and proper cellular signaling. Their dysfunction disrupts fundamental physiological processes and is the cause of numerous diseases. One of the research areas of theoretical physics focuses on the analysis of gating mechanisms and the functional dynamics of ion channels. Achieving this goal requires the integration of approaches derived from statistical physics, advanced signal analysis, and theoretical models describing the dynamics of transitions between functional states of ion channels. Despite significant progress in the study of channel gating mechanisms, many aspects of the transitions between closed and open states remain poorly understood. In particular, the influence of ligands and drugs is still unclear—whether they act primarily through stabilization of specific conformational states or by modifying the dynamics of the transitions themselves. Experimental data obtained using the patch-clamp technique are characterized by high complexity, substantial noise levels, and the nonlinear nature of the gating process, which together pose a major analytical challenge. Patch-clamp time series exhibit numerous nonlinear features, including the presence of long-range correlations and deviations from classical statistical distributions describing residence times in specific functional states. The main objective of this project is to analyze the dynamics of these sequences by combining: (i) advanced time–frequency analysis based on Nonlinear Mode Decomposition, (ii) sequence</p>



częstotliwościowej opartej na Nonlinear Mode Decomposition, (ii) metod analizy sekwencji ukierunkowanych na identyfikację wzorców aktywności, wykorzystujących sieci neuronowe; (iii) wyznaczenia zestawu cech opisujących sygnały w kategoriach ich własności statystycznych oraz złożonej dynamiki nieliniowej, obejmującej pamięć długozasięgową oraz cechy charakterystyczne dla procesów chaotycznych, takie jak skalowanie fluktuacji i multifraktalność. Takie podejście umożliwi uchwycenie zarówno regularnych aspektów dynamiki, jak i niestacjonarnej, wieloskalowej struktury badanych sygnałów. Przedstawione synergiczne podejście pozwoli na poprawę interpretowalności sygnałów patch-clamp, skuteczniejsze wykrywanie funkcjonalnych stanów kanałów jonowych oraz automatyczną i skalowalną analizę. W konsekwencji główne cele pracy obejmują: (i) pogłębione poznanie mechanizmów bramkowania oraz funkcjonalnego zachowania kanałów jonowych; (ii) rozwój bardziej precyzyjnych strategii badawczych dotyczących dynamiki złożonych struktur kanałów jonowych; (iii) automatyzację oraz zwiększenie dokładności i przejrzystości analizy danych eksperymentalnych opisujących aktywność kanałów jonowych.

analysis methods aimed at identifying activity patterns using neural networks, and (iii) the extraction of a feature set describing the signals in terms of their statistical properties and complex nonlinear dynamics, including long-range memory and characteristics typical of chaotic processes, such as fluctuation scaling and multifractality. This approach enables the capture of both regular dynamical features and the nonstationary, multiscale structure of the analyzed signals. The proposed synergistic framework will improve the interpretability of patch-clamp signals, enable more effective detection of functional states of ion channels, and facilitate automated and scalable data analysis. Consequently, the main objectives of the project include: (i) gaining deeper insight into gating mechanisms and the functional behavior of ion channels, (ii) developing more precise research strategies for studying the dynamics of complex ion channel structures, and (iii) automating and increasing the accuracy and transparency of experimental data analysis related to ion channel activity.

#### **Planowany wkład w rozwój dyscypliny**

Planowane badania zakładają opracowanie interdyscyplinarnego podejścia do analizy dynamiki kanałów jonowych, łączącego narzędzia fizyki statystycznej z zaawansowanymi metodami analizy sygnałów oraz uczenia maszynowego. Takie podejście umożliwia interpretowalny opis nieliniowych i losowych przejść pomiędzy stanami zamkniętym i otwartym kanału, czyli mechanizmów bramkowania, które stanowią fundamentalny element funkcjonowania tych układów z punktu widzenia fizyki procesów stochastycznych.

Aktywność prądowa kanałów jonowych charakteryzuje się obecnością szumu typu  $1/f$  na widmie mocy, który jest zjawiskiem powszechnym w wielu układach fizycznych i biofizycznych o złożonej dynamice i pozostaje przedmiotem intensywnych badań w fizyce materii skondensowanej oraz fizyce układów nieliniowych. W kontekście kanałów

#### **Planned contribution to the development of the discipline**

The planned research aims to develop an interdisciplinary approach to the analysis of ion channel dynamics, integrating tools from statistical physics with advanced signal processing and machine learning techniques. This framework enables an interpretable description of nonlinear and stochastic transitions between the closed and open states of ion channels, i.e., gating mechanisms, which constitute a fundamental aspect of their operation from the perspective of stochastic process physics.

The ionic current activity of ion channels is characterized by the presence of  $1/f$  noise in the power spectrum—a phenomenon commonly observed in many physical systems with complex dynamics and a subject of extensive research in condensed matter physics and nonlinear physics. In the context of ion channels, the mechanisms





jonowych mechanizmy odpowiedzialne za powstawanie takiej charakterystyki spektralnej nie są jednoznacznie wyjaśnione. Wśród potencjalnych źródeł wymienia się m.in. istnienie stanów pośrednich, wolne zmiany konformacyjne białka kanału oraz złożone interakcje pomiędzy jonami a strukturą kanału.

Procesy te zachodzą na wielu skalach czasowych i wykazują cechy niestacjonarności, korelacji długozasięgowych oraz dynamiki nieliniowej, co czyni ich opis szczególnie trudnym w ramach klasycznych modeli Markowa. Zastosowanie kompleksowej analizy, łączącej metody czasowo-częstotliwościowe, analizę wieloskalową oraz narzędzia uczenia maszynowego, pozwoli na identyfikację dominujących mechanizmów fizycznych odpowiedzialnych za obserwowaną dynamikę oraz charakter szumu  $1/f$ .

Oczekiwanym wkładem pracy w rozwój fizyki będzie pogłębienie rozumienia uniwersalnych mechanizmów generujących złożoną dynamikę w otwartych układach stochastycznych, a także dostarczenie nowych narzędzi do analizy wieloskalowych procesów nieliniowych, które mogą znaleźć zastosowanie również w innych obszarach fizyki, takich jak fizyka miękkiej materii, biofizyka czy teoria układów złożonych.

responsible for this spectral behavior are not yet fully understood. Potential sources include the existence of intermediate states, slow conformational changes of the channel protein, and complex ion-channel interactions.

These processes occur across multiple time scales and exhibit nonstationarity, long-range correlations, and nonlinear dynamics, making them particularly challenging to describe within classical Markovian models. The application of a comprehensive analytical framework combining time-frequency methods, multiscale analysis, and machine learning tools will allow for the identification of dominant physical mechanisms underlying the observed dynamics and the emergence of  $1/f$  noise.

The expected contribution of this work to the field of physics lies in advancing the understanding of universal mechanisms responsible for complex dynamics in open stochastic systems, as well as in providing new tools for the analysis of multiscale nonlinear processes that may also be applicable to other areas of physics, such as soft matter physics, biophysics, and the theory of complex systems.

#### **Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata**

Kandydat powinien posiadać ugruntowaną wiedzę z zakresu fizyki statystycznej, teorii procesów stochastycznych oraz biofizyki molekularnej. Kluczowe jest zrozumienie dynamiki Browna, równań Langevina oraz mechanizmów transportu jonowego w kanałach białkowych, co umożliwi pogłębioną interpretację wyników uzyskiwanych na podstawie analizowanych sekwencji danych eksperymentalnych.

Wymagana jest biegłość w programowaniu naukowym w języku Python oraz umiejętność implementacji algorytmów numerycznych. Istotnym atutem będzie doświadczenie w pracy z architekturą CUDA w celu optymalizacji obliczeń na procesorach graficznych (GPU), a także znajomość zaawansowanych metod analizy szeregów czasowych, obejmujących ekstrakcję sygnału z

#### **Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate**

The candidate should possess a solid background in statistical physics, the theory of stochastic processes, and molecular biophysics. A thorough understanding of Brownian dynamics, Langevin equations, and ion transport mechanisms in protein channels is essential for the in-depth interpretation of results obtained from experimental data analysis.

Proficiency in scientific programming using Python and the ability to implement numerical algorithms are required. Experience with CUDA architecture for optimizing computations on graphical processing units (GPUs) will be considered a strong asset, as will familiarity with advanced time series analysis methods, including signal extraction from noise, statistical validation of models against





szumu, statystyczną walidację modeli względem danych eksperymentalnych oraz zastosowanie metod sztucznej inteligencji do analizy danych sekwencyjnych.

Od kandydata oczekuje się wysokiego poziomu samodzielności badawczej, determinacji w rozwiązywaniu złożonych problemów obliczeniowych oraz zdolności do pracy na pograniczu różnych dyscyplin naukowych. Niezbędna jest również umiejętność klarownej komunikacji naukowej w języku angielskim, a także dbałość o rzetelność i transparentność metodologiczną, zgodnie z zasadami otwartej nauki oraz odtwarzalności wyników badań.

experimental data, and the application of artificial intelligence techniques to sequential data analysis. The candidate is expected to demonstrate a high level of research independence, determination in solving complex computational problems, and the ability to work at the interface of multiple scientific disciplines. Strong scientific communication skills in English are required, along with a commitment to methodological rigor and transparency, in accordance with the principles of open science and reproducibility of research results.





Nauki fizyczne temat nr 2	Physical sciences topic No. 2
<b>Badanie produkcji hiperonu <math>\Xi</math> w zderzeniach ciężkich jonów w eksperymencie NA61/SHINE</b>	<b>Study of <math>\Xi</math> hyperon production in heavy-ion collisions in the NA61/SHINE experiment</b>
PhD supervisor: <b>dr hab. Szymon Puławski, prof. UŚ</b>	
<b>Krótką charakterystyka założeń i celów badawczych</b> Celem projektu jest badanie produkcji hiperonu $\Xi$ ( $\Xi$ ) w zderzeniach ciężkich jonów rejestrowanych w eksperymencie NA61/SHINE. Analiza skoncentruje się na pomiarze wydajności produkcji $\Xi$ w różnych układach jądro–jądro oraz przy różnych energiach wiązki, dostępnych w programie eksperymentu. Istotnym elementem projektu jest wykorzystanie wcześniej uzyskanych wyników pomiaru $\Xi$ w zderzeniach proton–proton jako punktu odniesienia (baseline) do badań efektów ośrodka jądrowego. Celem jest ilościowe określenie wpływu wielkości układu i energii zderzenia na produkcję cząstek wielodziwnych oraz zbadanie mechanizmów odpowiedzialnych za wzbogacenie strange w materii silnie oddziałującej.	<b>Brief description of research assumptions and goals</b> The aim of the project is to study the production of the $\Xi$ ( $\Xi$ ) hyperon in heavy-ion collisions recorded by the NA61/SHINE experiment. The analysis will focus on measurements of $\Xi$ yields in different nucleus–nucleus collision systems and at various beam energies available in the experimental program. An essential component of the project is the use of previously measured $\Xi$ production in proton–proton collisions as a baseline for investigating nuclear medium effects. The goal is to quantify the dependence of multi-strange particle production on system size and collision energy and to study the mechanisms responsible for strangeness enhancement in strongly interacting matter.
<b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b> Projekt wniesie istotny wkład do badań nad produkcją cząstek dziwnych i wielodziwnych w zderzeniach jądrowych przy energiach dostępnych w akceleratorze SPS. Systematyczne porównanie wyników zderzeń jądro–jądro z pomiarami p+p umożliwi precyzyjne badanie efektów ośrodka, takich jak wzbogacenie strange, oraz testowanie modeli statystycznych i transportowych opisujących powstawanie hadronów. Wyniki projektu przyczynią się do lepszego zrozumienia własności materii silnie oddziałującej oraz procesów zachodzących w pobliżu przejścia fazowego między materią hadronową a plazmą kwarkowo-gluonową.	<b>Planned contribution to the development of the discipline</b> The project will provide an important contribution to studies of strange and multi-strange particle production in nuclear collisions at SPS energies. A systematic comparison of nucleus–nucleus results with proton–proton baseline measurements will allow for a precise investigation of medium effects, such as strangeness enhancement, and for stringent tests of statistical and transport models of hadron production. The results will improve the understanding of strongly interacting matter and of the processes occurring near the phase transition between hadronic matter and the quark–gluon plasma.
<b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b>	<b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b>





Od kandydata oczekuje się podstawowej wiedzy z zakresu fizyki jądrowej i fizyki cząstek elementarnych, w szczególności zagadnień związanych z produkcją hadronów i cząstek dziwnych w zderzeniach wysokoenergetycznych. Pożądane są umiejętności analizy danych oraz programowania (np. C++ i/lub Python), a także znajomość pracy w środowisku Linux. Mile widziane jest doświadczenie w analizie danych eksperymentalnych lub symulacjach Monte Carlo. Kandydat powinien być gotowy do pracy zespołowej w międzynarodowej kolaboracji, wykazywać samodzielność, odpowiedzialność oraz dobrą organizację pracy. Wymagana jest komunikatywność i znajomość języka angielskiego.

The candidate is expected to have a basic background in nuclear and particle physics, in particular in topics related to hadron and strange particle production in high-energy collisions. Skills in data analysis and programming (e.g. C++ and/or Python) and familiarity with the Linux environment are desirable. Experience with experimental data analysis or Monte Carlo simulations is an asset. The candidate should be willing to work in an international collaboration, demonstrate independence, responsibility, and good organizational skills. Good communication abilities and proficiency in English are required.





Nauki fizyczne temat nr 3	Physical sciences topic No. 3
<b>Badanie ultraperyferycznych oddziaływań w zderzeniach wysokoenergetycznych w eksperymencie ALICE (CERN)</b>	<b>Study of ultra-peripheral collisions in high-energy interactions in the ALICE experiment at CERN</b>
PhD supervisor: <b>dr hab. Szymon Puławski, prof. UŚ</b>	
<b>Krótką charakterystyka założeń i celów badawczych</b> Projekt ma na celu badanie ultraperyferycznych oddziaływań (UPC), w których oddziałujące jądra lub hadrony mijają się w odległościach większych niż suma ich promieni, a dominującym mechanizmem oddziaływania są procesy elektromagnetyczne. Analiza obejmuje identyfikację zdarzeń UPC w danych z eksperymentu ALICE oraz pomiary wybranych procesów foton–hadron i foton–foton. Celem projektu jest lepsze zrozumienie roli oddziaływań elektromagnetycznych w zderzeniach wysokoenergetycznych oraz testowanie modeli teoretycznych opisujących strukturę hadronów i jąder przy małych wartościach przeniesionego pędu.	<b>Brief description of research assumptions and goals</b> The project aims to study ultra-peripheral collisions (UPC), in which interacting nuclei or hadrons pass each other at impact parameters larger than the sum of their radii, and electromagnetic processes dominate the interaction. The analysis will focus on the identification of UPC events in ALICE data and on measurements of selected photon–hadron and photon–photon processes. The main goal is to improve the understanding of electromagnetic interactions in high-energy collisions and to test theoretical models describing hadron and nuclear structure at small momentum transfer.
<b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b> Projekt przyczyni się do rozwoju badań ultraperyferycznych oddziaływań, które stanowią unikalne laboratorium do badania procesów fotonowych w reżimie wysokich energii. Uzyskane wyniki dostarczą nowych danych eksperymentalnych umożliwiających weryfikację modeli fotoprodukcji oraz opisu struktury hadronów i jąder. Badania UPC w eksperymencie ALICE pozwolą również na rozwój metod selekcji rzadkich zdarzeń i analizy sygnałów o niskiej krotności, co ma znaczenie dla przyszłych analiz w fizyce jądrowej i cząstek.	<b>Planned contribution to the development of the discipline</b> The project will contribute to the development of ultra-peripheral collision studies, which provide a unique laboratory for investigating photon-induced processes at high energies. The results will supply new experimental data for testing models of photoproduction and for improving the description of hadron and nuclear structure. UPC studies in the ALICE experiment will also foster the development of methods for selecting rare, low-multiplicity events, which are relevant for future analyses in nuclear and particle physics.
<b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b>	<b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b>





Od kandydata oczekuje się podstawowej wiedzy z zakresu fizyki jądrowej i fizyki cząstek elementarnych oraz zainteresowania oddziaływaniami wysokoenergetycznymi. Pożądane są umiejętności analizy danych i programowania (np. Python i/lub C++), a także gotowość do pracy w środowisku Linux. Mile widziane jest doświadczenie w pracy z danymi eksperymentalnymi lub symulacjami Monte Carlo. Kandydat powinien być otwarty na pracę zespołową w międzynarodowej kolaboracji, wykazywać samodzielność, dobrą organizację pracy oraz chęć rozwijania kompetencji naukowych. Wymagana jest komunikatywność i znajomość języka angielskiego na poziomie umożliwiającym prezentację wyników.

The candidate is expected to have a basic background in nuclear and particle physics and an interest in high-energy interactions. Skills in data analysis and programming (e.g. Python and/or C++) and familiarity with the Linux environment are desirable. Experience with experimental data or Monte Carlo simulations is an asset. The candidate should be open to working in an international collaboration, demonstrate independence, good organizational skills, and motivation to develop scientific competences. Good communication skills and proficiency in English sufficient for presenting results are required.



<p>Nauki fizyczne temat nr 4</p>	<p>Physical sciences topic No. 4</p>
<p><b>Charakterystyka faz ciekłych kryształów w nanoporach pod ciśnieniem jako podstawa projektowania inteligentnych materiałów</b></p>	<p><b>Phase Characteristic of Liquid Crystals Confined in Nanopores under Pressure as a Basis for Designing Smart Materials</b></p>
<p>PhD supervisor: <b>dr hab. Zbigniew Dendzik, prof. UŚ</b></p>	
<p><b>Krótką charakterystyką założeń i celów badawczych</b> Celem badań będzie poznanie zachowania fazowego ciekłych kryształów zamkniętych w strukturach nanoporowatych i poddanych ciśnieniu zewnętrznemu, za pomocą symulacji komputerowych dynamiki molekularnej. Badania będą koncentrować się na zrozumieniu, w jaki sposób ograniczenia przestrzenne w skali nano, w połączeniu z ciśnieniem hydrostatycznym, wpływają na porządek orientacyjny i translacyjny ciekłokrystalicznych mezofaz.</p>	<p><b>Brief description of research assumptions and goals</b> This doctoral research will investigate the phase behavior of liquid crystals when confined within nanoporous structures and subjected to external pressure using computer simulations of molecular dynamics. The study will focus on understanding how spatial restriction at the nanoscale, coupled with hydrostatic pressure, influences the orientational and translational order of liquid crystalline mesophases.</p>
<p><b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b> Zbadanie fundamentalnych mechanizmów rządzących przemianami fazowymi indukowanymi ciśnieniem oraz właściwościami anizotropowymi w układach ograniczonych przestrzennie może umożliwić rozwój nowych inteligentnych materiałów. Materiały takie mogą charakteryzować się regulowanymi reakcjami optycznymi, sensorycznymi lub mechanicznymi, torując drogę zaawansowanym zastosowaniom w takich dziedzinach, jak wyświetlacze wrażliwe na nacisk, membrany responsywne i adaptacyjne urządzenia fotoniczne.</p>	<p><b>Planned contribution to the development of the discipline</b> By elucidating the fundamental mechanisms governing pressure-induced phase transitions and anisotropic properties within these confined systems, this work aims to establish a fundamental understanding for the rational design and development of novel smart materials. Such materials could exhibit tunable optical, sensory, or mechanical responses, paving the way for advanced applications in areas like pressure-sensitive displays, responsive membranes, and adaptive photonic devices.</p>
<p><b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b></p>	<p><b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b></p>

<p>Nauki fizyczne temat nr 5</p>	<p>Physical sciences topic No. 5</p>
<p><b>Drogi formowania szkła: symulacyjne badania mikroskopowych mechanizmów podczas chłodzenia i kompresji</b></p>	<p><b>Glass Formation Pathways: Simulation Studies of Microscopic Molecular Mechanisms under Cooling and Compression</b></p>
<p>PhD supervisor: <b>dr hab. Kajetan Koperwas, prof. UŚ</b></p>	
<p><b>Krótką charakterystyka założeń i celów badawczych</b></p> <p>Ciecze szklotwórcze wykazują silne spowolnienie dynamiki molekularnej w pobliżu przejścia szklistego, które wiąże się z pojawieniem się kooperatywnych, przestrzennie heterogenicznych ruchów cząsteczek. Tradycyjnie zjawisko to badane jest wzdłuż ścieżki izobarycznego chłodzenia, gdzie obserwuje się przejście od relaksacji typu Arrheniusa do zachowania niearrheniusowskiego, identyfikowane z temperaturą Arrheniusa. Jednak chłodzenie jednocześnie zmniejsza energię termiczną i zwiększa upakowanie cząsteczek, co utrudnia jednoznaczne wskazanie mikroskopowego mechanizmu odpowiedzialnego za narastanie kooperatywności. Podstawowym założeniem niniejszych badań jest wykorzystanie izotermicznej kompresji jako alternatywnej drogi do spowolnienia dynamiki, pozwalającej rozdzielić wpływ temperatury i gęstości. W tym przypadku kluczowym parametrem staje się objętość aktywacji, której charakterystyczne minimum wyznacza punkt przegięcia (IP) w dynamice relaksacyjnej. Wstępne wyniki wskazują, że punkty charakterystyczne uzyskane wzdłuż ścieżek chłodzenia i kompresji nie są równoważne, co sugeruje istnienie odmiennych mikroskopowych mechanizmów spowolnienia dynamiki. Głównym celem pracy jest wyjaśnienie mikroskopowego pochodzenia tej rozbieżności oraz ustalenie, czy ma ona charakter uniwersalny, czy też zależy od rodzaju oddziaływań międzycząsteczkowych. W tym celu planowane jest połączenie badań symulacyjnych dynamiki</p>	<p><b>Brief description of research assumptions and goals</b></p> <p>Glass-forming liquids exhibit a pronounced slowdown of molecular dynamics upon approaching the glass transition, which is associated with the emergence of cooperative and spatially heterogeneous molecular motions. Traditionally, this phenomenon has been investigated along the isobaric cooling path, where a crossover from Arrhenius-type relaxation to non-Arrhenius behavior is observed and identified with the Arrhenius temperature. However, cooling simultaneously reduces thermal energy and increases molecular packing, making it difficult to unambiguously identify the microscopic mechanism responsible for the growth of cooperativity. The central assumption of the present study is to employ isothermal compression as an alternative route to dynamical slowdown, enabling the separation of temperature and density effects. In this case, the key parameter is the activation volume, whose characteristic minimum defines an inflection point (IP) in the relaxation dynamics. Preliminary results indicate that the characteristic points obtained along cooling and compression paths are not equivalent, suggesting the presence of distinct microscopic mechanisms underlying the dynamical slowdown. The main objective of this work is to elucidate the microscopic origin of this discrepancy and to determine whether it is universal or depends on the nature of intermolecular interactions. To this end, we plan to combine molecular dynamics simulations with an analysis of microscopic</p>

<p>molekularnej z analizą mikroskopowych własności cząsteczek, takich jak translacyjne i rotacyjne mechanizmy relaksacji, dynamiczna heterogeniczność oraz procesy dynamic facilitation. Uzyskane wyniki pozwolą odpowiedzieć na fundamentalne pytanie, czy chłodzenie i kompresja prowadzą do zeszklenia poprzez ten sam, czy zasadniczo różny mechanizm mikroskopowy.</p>	<p>molecular properties, such as translational and rotational relaxation mechanisms, dynamic heterogeneity, and dynamic facilitation processes. The results will address the fundamental question of whether cooling and compression lead to vitrification through the same or fundamentally different microscopic mechanisms.</p>
<p><b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b> Projekt wniesie istotny wkład w rozwój fizyki materii skondensowanej poprzez rozdzielenie wpływu temperatury i gęstości na spowolnienie dynamiki w cieczech szkłotwórczych. Zastosowanie izotermicznej kompresji, badań pod wysokim ciśnieniem oraz symulacji molekularnych umożliwi identyfikację mikroskopowych mechanizmów odpowiedzialnych za przejście Arrheniusa–niearrheniusowskie oraz ocenę ich uniwersalności. Uzyskane wyniki pozwolą na weryfikację i doprecyzowanie współczesnych modeli zeszklenia.</p>	<p><b>Planned contribution to the development of the discipline</b> The project will advance condensed matter physics by disentangling the roles of temperature and density in the dynamical slowdown of glass-forming liquids. By employing isothermal compression, high-pressure studies, and molecular dynamics simulations, it will identify the microscopic mechanisms underlying the Arrhenius–to–non-Arrhenius transition and assess their universality, thereby refining current models of vitrification.</p>
<p><b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b></p>	<p><b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b></p>



Nauki fizyczne temat nr 6	Physical sciences topic No. 6
<b>Ferroptoza - badanie mechanizmów leżących u podstaw celowanej terapii antynowotworowej</b>	<b>Ferroptoza – investigating the mechanisms underlying targeted cancer therapy</b>
PhD supervisor: <b>dr hab. Anna Mrozek-Wilczkiewicz, prof. UŚ</b> <a href="https://www.researchgate.net/profile/Anna-Mrozek-Wilczkiewicz">https://www.researchgate.net/profile/Anna-Mrozek-Wilczkiewicz</a>	
<b>Krótką charakterystyka założeń i celów badawczych</b> Metabolizm żelaza ogrywa kluczową rolę w wielu procesach komórkowych. Żelazo jako jeden z głównych mikroelementów bierze udział w niemal wszystkich procesach związanych z metabolizmem energetycznym oraz odgrywa kluczową rolę w regulowanej śmierci komórkowej – ferroptozie. Ten rodzaj śmierci jest związany jest z utratą zdolności antyoksydacyjnych i upośledzoną funkcją mitochondriów wynikającymi ze zwiększonego stężenia reaktywnych form tlenu tworzących się w reakcji Fentona. Proces ten został odkryty stosunkowo niedawno, dlatego posiada sporo obszarów do zbadania i jest ciekawym wyzwaniem naukowym. Modelem badawczym w proponowanym projekcie jest glejak wielopostaciowy, którego leczenie stanowi nierozwiązany dotąd problem, a rokowania pacjentów są bardzo niskie. Umieszczenie nowotworu tego typu niejednokrotnie wyklucza możliwość chirurgicznego usunięcia, z powodu zajęcia obszaru odpowiedzialnego za kluczowe funkcje życiowe. Drugim istotnym ograniczeniem leczenia tego nowotworu jest nieefektywne dostarczanie leków do mózgu, ze względu na istnienie bariery krew-mózg. Głównym celem niniejszego projektu jest zbadanie mechanizmów odpowiedzialnych za wyzwalanie procesu ferroptozy. Związki kompleksujące jony metali, wpływając na ścieżki komórkowe związane z metabolizmem żelaza są obiecującym narzędziem do odkrywania tych procesów. W projekcie tym przewidziane jest wykorzystanie metod spektroskopowych do badania interakcji ligandów z jonami metali oraz wykorzystanie mikrokapilarnej termoforezy do weryfikacji oddziaływań ligandów z	<b>Brief description of research assumptions and goals</b> Iron metabolism plays a key role in many cellular processes. As one of the main micronutrients, iron is involved in almost all processes related to energy metabolism and plays a key role in regulated cell death – ferroptosis. This type of death is associated with a loss of antioxidant capacity and impaired mitochondrial function resulting from increased concentrations of reactive oxygen species formed in the Fenton reaction. This process was discovered relatively recently, so there are many areas to explore and it presents an interesting scientific challenge. The research model in the proposed project is glioblastoma multiforme, the treatment of which remains an unsolved problem, and the prognosis for patients is very poor. The location of this type of tumour often precludes surgical removal because it affects an area responsible for key vital functions. Another significant limitation in the treatment of this tumour is the ineffective delivery of drugs to the brain due to the blood-brain barrier. The main objective of this project is to investigate the mechanisms responsible for triggering the ferroptosis process. Metal ion complexing compounds, which influence cellular pathways related to iron metabolism, are a promising tool for exploring these processes. This project involves the use of spectroscopic methods to study the interaction of ligands with metal ions and the use of microcapillary thermophoresis to verify the interaction of ligands with selected proteins. In addition, methods will be used to determine the expression of genes and the activation of proteins responsible for triggering the ferroptosis process.





<p>wyselekcjonowanymi białkami. Ponadto planuje się użycie metod pozwalających na określenie ekspresji genów oraz aktywacji białek odpowiedzialnych za wyzwalanie procesu ferroptozy.</p>	
<p><b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b> Proponowany projekt cechuje się interdyscyplinarnością obejmującą biofizykę oraz biologię molekularną. Wykorzystanie metod spektroskopowych pozwalających na określenie tworzenia kompleksów z jonami metali oraz metody mikrokapilarnej termoforezy pozwala na znalezienie pomostu pomiędzy fizyką a biologią i stanowi cenny wkład w rozwój obu dyscyplin.</p>	<p><b>Planned contribution to the development of the discipline</b> The proposed project is characterised by its interdisciplinary nature, encompassing biophysics and molecular biology. The use of spectroscopic methods to determine the formation of complexes with metal ions and the microcapillary thermophoresis method allows a bridge to be found between physics and biology and makes a valuable contribution to the development of both disciplines.</p>
<p><b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b> - Magister biotechnologii, biofizyki lub pokrewnej dziedziny - Dobra znajomość spektroskopii UV-VIS, mikroskalowej termoforezy i biologii molekularnej - Doświadczenie w utrzymywaniu kultur komórkowych, wykonywaniu testów cytotoksyczności, a także technik western blot, PCR i pokrewnych</p>	<p><b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b> - MSc in biotechnology, biophysics or similar - good knowledge of UV-VIS spectroskopy, microscale thermophoresis and molecular biology - experience in maintaining cell cultures, performing cytotoxicity tests as well as western blot, PCR and related techniques</p>





Nauki fizyczne temat nr 7	Physical sciences topic No. 7
<b>Geometria a przenikalność elektryczna: badanie dynamiki przejść fazowych pierwszego rodzaju w przełączalnych dielektrykach</b>	<b>Geometry vs. Dielectric Permittivity: Exploring First-Order Phase Transition Dynamics in Switchable Dielectrics</b>
PhD supervisor: <b>prof. dr hab. Sebastian Pawlus</b>	
<b>Krótką charakterystyka założeń i celów badawczych</b> <p>Materiały dielektryczne zdolne do zmiany swoich właściwości w wyniku przejścia fazowego, czyli do „przełączania” (ang. switching), mają liczne potencjalne zastosowania. Mogą zmieniać przenikalność elektryczną lub rezystywność między stanami o odmiennej strukturze krystalicznej lub stopniu uporządkowania molekularnego pod wpływem różnych bodźców zewnętrznych.</p> <p>Przykładem są optyczne materiały przełączające, w których po „przełączeniu” pojawia się generacja drugiej harmonicznej (SHG). Przechodzą one od stanu SHG-OFF do SHG-ON w odpowiedzi na zmianę warunków, co jest związane z dynamiką kationów organicznych w klatkach molekularnych oraz zmianą ich symetrii w trakcie przejścia fazowego pierwszego rodzaju. Dzięki temu mogą być stosowane w przełącznikach, czujnikach oraz innych elementach optoelektronicznych reagujących szybką zmianą parametrów na bodźce takie jak temperatura czy światło.</p> <p>Coraz większe zainteresowanie budzą materiały dielektryczne, w których przejście fazowe powoduje skokową zmianę przenikalności elektrycznej. Zdolność ta znacząco rozszerza ich możliwości aplikacyjne w elektronice. Nadal jednak niewiele wiadomo o samym mechanizmie „przełączania”, jego przyczynach oraz roli, jaką odgrywa naprężenie mechaniczne, np. ciśnienie hydrostatyczne. Szczególnie istotne jest to w cienkich warstwach, gdzie naturalnie powstają naprężenia wynikające choćby ze zmian temperatury.</p>	<b>Brief description of research assumptions and goals</b> <p>Dielectric materials capable of altering their properties through a phase transition—thus enabling “switching”—have a wide range of potential applications. They can change their electric permittivity or resistivity between states with different crystal structures or degrees of molecular order in response to external stimuli.</p> <p>A notable example is optical switching materials in which second-harmonic generation (SHG) occurs after the transition. Such materials switch between SHG-OFF and SHG-ON states depending on external conditions. This behavior is linked to the dynamics of organic cations confined within molecular cages and to symmetry changes that occur during a first-order phase transition. These features make them promising for optoelectronic devices such as switches and sensors that react with a rapid change of parameters to variations in temperature or light intensity.</p> <p>Recently, increasing attention has been devoted to dielectric materials in which a first-order phase transition induces a sharp change in electric permittivity. This switching ability greatly expands their potential in electronic applications. However, the mechanism behind dielectric switching is still not well understood, particularly the influence of mechanical stress such as hydrostatic pressure. This issue becomes especially important in thin-layer systems, where stresses naturally arise from temperature changes or lattice mismatch.</p> <p>To be practically useful, such materials must meet several criteria: they should be accessible through controlled synthesis, including fabrication</p>





<p>Materiały te muszą spełniać szereg kryteriów: powinny być możliwe do syntezy również w formie cienkich warstw, prezentować pożądane parametry elektryczne w temperaturach bliskich pokojowej, wykazywać stabilność pod wpływem naprężeń oraz być ekonomicznie opłacalne. Celem projektu jest synteza i zbadanie materiałów wykazujących przejścia fazowe pierwszego rodzaju, których efektem jest „przełączenie” przenikalności elektrycznej wywołane zmianą temperatury. Planowane są badania monokryształów i cienkich warstw wybranych hybrydowych perowskitów organiczno-nieorganicznych, obejmujące szerokopasmową spektroskopię dielektryczną, pomiary strukturalne, badania w podczerwieni, pomiary ramanowskie oraz dylatometryczne. Szczególne znaczenie będą mieć eksperymenty analizujące wpływ ciśnienia hydrostatycznego na przejścia fazowe i mechanizm „przełączania”. Izotermiczne pomiary pod ciśnieniem pozwolą oddzielić wpływ naprężenia od wpływu temperatury, co nie jest możliwe w standardowych pomiarach izobarycznych. Umożliwi to m.in. określenie zależności między warunkami termodynamicznymi a czasem trwania przejścia fazowego oraz ocenę stabilności i powtarzalności parametrów elektrycznych przed i po „przełączeniu”.</p> <p>Ponieważ projekt jest realizowany w konsorcjum z Politechniką Wrocławską więc doktorantka/doktorant będzie miała możliwość współpracy z naukowcami i doktorantami z tamtejszego ośrodka.</p>	<p>as thin films; they must exhibit desirable electrical properties near room temperature; they should remain stable under mechanical stress; and their production cost must be reasonable.</p> <p>The project aims to synthesize and investigate materials that undergo first-order phase transitions leading to temperature-induced changes in electric permittivity. The study will focus on selected hybrid organic–inorganic perovskites, examined both as single crystals and thin layers. Complementary characterization techniques will be employed, including broadband dielectric spectroscopy, structural studies, infrared and Raman measurements, and dilatometry.</p> <p>A vital part of the research will address how hydrostatic pressure affects phase transitions and the resulting dielectric switching. Isothermal measurements under pressure will enable the separation of stress from thermal effects—something unattainable in standard ambient-pressure measurements. This approach will enable the correlation of thermodynamic conditions with the duration of the phase transition, helping to assess the stability and repeatability of electrical parameters before and after switching.</p> <p>Since the project is carried out in consortium with Wrocław University of Science and Technology, the PhD student will have the opportunity to collaborate with researchers and doctoral students from that institution.</p>
<p><b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b></p> <p>Realizacja projektu może istotnie poszerzyć wiedzę na temat molekularnych podstaw „przełączania” dielektrycznego w hybrydowych perowskitach organiczno-nieorganicznych. Wyniki mogą otworzyć nowe kierunki interpretacji zjawiska, łączące przejścia fazowe pierwszego rodzaju z działaniem różnych czynników termodynamicznych, w tym naprężeń mechanicznych.</p>	<p><b>Planned contribution to the development of the discipline</b></p> <p>The planned studies have the potential to significantly advance our understanding of the molecular origins of dielectric switching in hybrid perovskite materials. Scientifically, the project may open new perspectives on interpreting the switching phenomenon as a consequence of a first-order phase transition triggered by various thermodynamic factors, including mechanical stress.</p>
<p><b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b></p>	<p><b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b></p>





Mile widziane umiejętności:

- 1) Prowadzenie badań materiałów ciał stałych z wykorzystaniem spektroskopii dielektrycznej.
- 2) Znajomość metod i aparatury stosowanej w szerokopasmowej spektroskopii dielektrycznej.
- 3) Wiedza z zakresu hybrydowych materiałów metalo-organicznych (MOF/HOIP) oraz ich właściwości fizykochemicznych.

Preferred skills:

- 1) Experience in studying solid-state materials using dielectric spectroscopy.
- 2) Familiarity with experimental methods and instrumentation applied in broadband dielectric spectroscopy.
- 3) Knowledge of hybrid metal–organic materials (e.g., MOFs or hybrid perovskites) and their physicochemical properties.





Nauki fizyczne temat nr 8	Physical sciences topic No. 8
Identyfikacja naładowanych hadronów w eksperymencie NA61/SHINE (CERN) w reakcjach O+O przy pędzie 150A GeV/c	Identification of Charged Hadrons in the NA61/SHINE Experiment (CERN) in O+O Collisions at 150A GeV/c
PhD supervisor: <b>dr hab. Seweryn Kowalski, prof. UŚ</b>	
<p><b>Krótką charakterystyka założeń i celów badawczych</b></p> <p>Eksperyment NA61/SHINE realizowany w CERN SPS Wykorzystuje wielozadaniowym spektrometrem ze stałą tarczą przeznaczonym do pomiarów naładowanych hadronów. Jego program badawczy obejmuje zarówno studia oddziaływań silnych, jak i pomiary referencyjne na potrzeby fizyki neutrin oraz promieniowania kosmicznego. Celem rozprawy doktorskiej jest szczegółowa analiza oraz identyfikacja naładowanych hadronów produkowanych w zderzeniach jąder tlenu (O+O) przy pędzie wiązki 150A GeV/c, zarejestrowanych w eksperymencie NA61/SHINE w CERN SPS. Analiza danych obejmuje pełny łańcuch rekonstrukcji zdarzeń, procedury kalibracyjne, metody identyfikacji cząstek, a także korekty akceptancji i efektywności detekcji. Szczególny nacisk zostanie położony na kontrolę niepewności systematycznych oraz porównanie uzyskanych wyników z przewidywaniami modeli teoretycznych i transportowych opisujących oddziaływanie silne w lekkich układach jądrowych. Istotnym elementem pracy będzie zbadanie wpływu składu izospinowego układu O+O na produkcję naładowanych hadronów oraz analiza obserwowanych asymetrii pomiędzy cząstkami o przeciwnych ładunkach. Uzyskane wyniki dostarczą nowych danych eksperymentalnych istotnych dla zrozumienia mechanizmów łamania symetrii izospinowej w oddziaływaniach silnych, w szczególności w warunkach wysokiej gęstości energii osiągniętych w zderzeniach relatywistycznych jąder lekkich. Rezultaty rozprawy będą miały znaczenie nie tylko dla programu fizycznego NA61/SHINE, lecz również dla</p>	<p><b>Brief description of research assumptions and goals</b></p> <p>The NA61/SHINE experiment at the CERN SPS employs a multipurpose fixed-target spectrometer designed for measurements of charged hadrons. Its physics program encompasses studies of strong interactions as well as reference measurements for neutrino and cosmic-ray physics. The aim of this doctoral dissertation is a detailed analysis and identification of charged hadrons produced in oxygen–oxygen (O+O) collisions at a beam momentum of 150A GeV/c, recorded by the NA61/SHINE experiment at the CERN SPS. The data analysis covers the full event reconstruction chain, calibration procedures, particle identification methods, and corrections for detector acceptance and efficiency. Particular emphasis is placed on the control of systematic uncertainties and on comparisons of the results with predictions of theoretical and transport models describing strong interactions in light nuclear systems. A key component of the thesis is the investigation of the impact of the isospin composition of the O+O system on charged-hadron production, including an analysis of observed asymmetries between particles of opposite charge. The results will provide new experimental input crucial for understanding the mechanisms of isospin symmetry breaking in strong interactions, especially under the high energy-density conditions achieved in relativistic collisions of light nuclei. The outcomes of this dissertation will be relevant not only to the NA61/SHINE physics program but also to broader studies of the properties of strongly interacting matter, including searches for signals of phase transitions.</p>





<p>szerszych badań nad własnościami materii silnie oddziałującej, w tym poszukiwań sygnałów przejścia fazowego. Ponadto uzyskane dane mogą stanowić istotny punkt odniesienia dla przyszłych analiz w innych eksperymentach zderzeń jonów oraz dla dalszego rozwoju modeli teoretycznych oddziaływań silnych.</p>	<p>Moreover, the results may serve as an important reference for future analyses in other ion-collision experiments and for the further development of theoretical models of strong interactions.</p>
<p><b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b> Planowana rozprawa doktorska wniesie istotny wkład w rozwój fizyki jądrowej i cząstek elementarnych poprzez dostarczenie nowych, wysokiej precyzji danych eksperymentalnych dotyczących identyfikacji naładowanych hadronów w zderzeniach O+O przy pędzie 150A GeV/c. Uzyskane wyniki poszerzą wiedzę na temat mechanizmów produkcji hadronów w lekkich układach jądrowych oraz umożliwią ilościowy opis efektów izospinowych w oddziaływaniach silnych. Praca przyczyni się do lepszego zrozumienia procesów łamania symetrii izospinowej w warunkach wysokiej gęstości energii, stanowiąc ważne uzupełnienie dotychczasowych badań prowadzonych w eksperymencie NA61/SHINE. Wyniki będą miały znaczenie porównawcze dla innych układów zderzeń oraz dostarczą istotnych ograniczeń dla modeli teoretycznych i transportowych opisujących materię silnie oddziałującą. Ponadto rozprawa wzmocni bazę danych referencyjnych wykorzystywanych w analizach zderzeń jonów oraz w badaniach interdyscyplinarnych, takich jak fizyka neutronów i promieniowania kosmicznego, przyczyniając się do dalszego rozwoju metod eksperymentalnych i interpretacyjnych w dyscyplinie.</p>	<p><b>Planned contribution to the development of the discipline</b> The planned doctoral dissertation will make a significant contribution to the development of nuclear and particle physics by providing new, high-precision experimental data on the identification of charged hadrons in O+O collisions at a beam momentum of 150A GeV/c. The obtained results will extend current knowledge of hadron production mechanisms in light nuclear systems and enable a quantitative description of isospin-related effects in strong interactions. The work will contribute to a deeper understanding of isospin symmetry breaking mechanisms under conditions of high energy density, complementing existing studies performed within the NA61/SHINE experiment. The results will provide valuable benchmarks for comparisons with other collision systems and will impose important constraints on theoretical and transport models describing strongly interacting matter. In addition, the dissertation will strengthen the experimental reference database used in heavy-ion collision studies and in interdisciplinary applications such as neutrino and cosmic-ray physics, thereby supporting further development of experimental techniques and theoretical interpretations within the discipline.</p>
<p><b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b> Podstawowa znajomość fizyki jądrowej i statystyki oraz umiejętność podstawowego programowania w języku C++.</p>	<p><b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b> Basic knowledge of nuclear physics and statistics, as well as the ability to perform basic programming in C++.</p>



Nauki fizyczne temat nr 9	Physical sciences topic No. 9
<p><b>Korelacja pomiędzy skończonym rozmiarem i efektami powierzchniowymi oraz ich wpływem na dynamikę molekularną polimerów w warunkach bezwymiarowego ograniczenia w skali nano</b></p>	<p><b>Correlation between the finite size and surface effects and their effect on the molecular dynamics of polymers under two-dimensionless nanoscale confinement</b></p>
<p>PhD supervisor: <b>dr hab. Magdalena Tarnacka, prof. UŚ</b></p>	
<p><b>Krótką charakterystyka założeń i celów badawczych</b></p> <p>Czy zastanawialiście się kiedyś, jak zachowują się ciecze umieszczone w niezwykle małych przestrzeniach, szerokich na zaledwie kilka miliardowych części metra? Naukowców od dawna fascynuje to pytanie, ponieważ materiały zamknięte w mezooporach często zachowują się zupełnie inaczej niż w normalnych warunkach. Celem tych badań będzie zbadanie wpływu ograniczenia przestrzennego w skali nano na dynamikę molekularną i przemiany fazowe materiałów polimerowych o zróżnicowanej topologii, masie cząsteczkowej i specyficznych oddziaływaniach. Wspomniane ograniczenia przestrzenne zostanie osiągnięte poprzez zastosowanie różnych rodzajów matryc mezoporowatych (wykonanych z tlenku glinu lub krzemionki) charakteryzujących się szerokim zakresem średnic porów (<math>d = 4\text{--}160\text{ nm}</math>). Dlaczego to ma znaczenie? Zrozumienie zachowania się materiałów w nanonemtrycznym ograniczeniu przestrzennym pomaga naukowcom i inżynierom projektować lepsze materiały do zastosowań w praktyce, takich jak systemy dostarczania leków (kontrolujące uwalnianie leków w organizmie) czy nanotechnologia (ulepszanie małych urządzeń, takich jak czujniki i baterie).</p>	<p><b>Brief description of research assumptions and goals</b></p> <p>Have you ever wondered how liquids behave when trapped in incredibly small spaces, just a few billionths of a meter wide? Scientists have long been fascinated by this question because materials confined in nano-sized pores often act very differently than they do in bulk. The focus of this research will be put on the impact of the nanoscale confinement on the molecular dynamics and phase transitions of a polymer-based materials varying in topology, molecular weight and specific interactions. The mentioned nanoscale confinement will be produced by the application of various types of mesoporous matrices (made of either alumina or silica) characterized by wide range of pore diameters (<math>d = 4\text{--}160\text{ nm}</math>). Why Does This Matter? Understanding how liquids behave in confinement helps scientists and engineers design better materials for real-world applications, such as drug delivery systems (controlling how medicines release in the body), nanotechnology (improving tiny devices like sensors and batteries).</p>
<p><b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b></p> <p>Ten projekt może nie tylko odpowiedzieć na kluczowe pytania, ale także otworzyć nowe możliwości – takie jak badanie cieczy pod wysokim ciśnieniem w nanoporach czy projektowanie</p>	<p><b>Planned contribution to the development of the discipline</b></p> <p>This project might not only answer key questions but also open new doors—like studying liquids under high pressure in nano-pores or designing</p>



<p>membran o regulowanej chropowatości. Odkrycia te przybliżają nas do poznania dziwnego i fascynującego świata nanomateriałów, w którym prawa fizyki mogą zmieniać się w nieoczekiwany sposób. Badając te ukryte zachowania, naukowcy torują drogę dla inteligentniejszych i wydajniejszych technologii – a wszystko to dzięki osobliwej fizyce ultramałych obiektów.</p>	<p>membranes with tunable roughness. The findings bring us closer to mastering the strange and fascinating world of nanomaterials, where the rules of physics can change in unexpected ways. By peering into these hidden behaviors, scientists are paving the way for smarter, more efficient technologies—all thanks to the peculiar physics of the ultra-small.</p>
<p><b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b></p>	<p><b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b></p>



<p>Nauki fizyczne temat nr 10</p>	<p>Physical sciences topic No. 10</p>
<p><b>Mechanizmy relaksacji i samoorganizacji w diolach: w kierunku zrozumienia struktur supramolekularnych</b></p>	<p><b>Relaxation Mechanisms and Self-Organization in Diols: Toward Understanding Supramolecular Architecture</b></p>
<p>PhD supervisor: <b>prof. dr hab. Sebastian Pawlus</b></p>	
<p><b>Krótką charakterystyką założeń i celów badawczych</b></p> <p>Ciecze o strukturze opartej na wiązaniach wodorowych odgrywają kluczową rolę w naturze i technologii, a jednocześnie wykazują zachowania zaskakująco złożone. Wśród nich szczególnie interesującą grupę stanowią diole — cząsteczki zawierające dwie grupy hydroksylowe (OH). Ich właściwości lokują się pomiędzy prostymi alkoholami, tworzącymi krótkie łańcuchy wiązań wodorowych, a wielowodorotlenowymi związkami zdolnymi do budowy rozbudowanych sieci trójwymiarowych. Obecność dwóch grup OH umożliwia powstawanie wielu typów oddziaływań międzycząsteczkowych, prowadzących do powstawania zróżnicowanych struktur, niezwykle wrażliwych na subtelne zmiany geometrii cząsteczki.</p> <p>Współczesne techniki eksperymentalne i symulacje komputerowe pokazują, że niewielkie zmiany w orientacji obu grup OH mogą radykalnie zmieniać sposób organizacji cieczy — od struktur zwartych po układy bardziej nieuporządkowane. Ta wewnętrzna elastyczność odróżnia diole od alkoholi monohydroksylowych. Jednym z najbardziej charakterystycznych przykładów jest brak relaksacji Debye’a, czyli wolnego trybu kolektywnego, niemal zawsze obecnego w alkoholach z jedną grupą OH. Jego zanikanie świadczy, że dynamikę dioli determinują przede wszystkim ruchy lokalne, a nie rozciągnięte w przestrzeni procesy kooperacyjne.</p> <p>Dodatkową złożoność ujawnia wpływ czynników zewnętrznych. Wysokie ciśnienie wzmacnia wiązania wodorowe i może stabilizować konfiguracje, które nie powstają w warunkach normalnych. Z kolei umieszczenie cieczy w</p>	<p><b>Brief description of research assumptions and goals</b></p> <p>Hydrogen-bonded liquids play a central role in nature and technology, yet many of their fundamental behaviors remain difficult to describe. Among them, diols — molecules containing two hydroxyl (OH) groups — form a particularly intriguing class. Their properties place them between simple monohydroxy alcohols, which usually form short hydrogen-bonded chains, and polyhydroxy compounds capable of building extended three-dimensional networks. The presence of two OH groups allows diols to form multiple intermolecular connections, giving rise to structures that are highly diverse and extremely sensitive to small variations in molecular geometry. Modern experimental techniques and computer simulations show that even subtle changes in the relative orientation of the OH groups can reorganize the entire liquid, leading either to compact clusters or to more disordered arrangements. This internal flexibility fundamentally distinguishes diols from ordinary alcohols. A key example is the absence of Debye relaxation, a slow collective mode characteristic of nearly all monohydroxy alcohols. Its disappearance in diols indicates that their dynamics are dominated by local, rather than long-range cooperative, molecular motion.</p> <p>External perturbations reveal additional complexity. High pressure strengthens hydrogen bonds and may stabilize molecular motifs that do not appear under ambient conditions. Confinement in nanometer-sized pores forces the liquid into new packing schemes, producing layers with distinct mobilities and suppressing relaxation processes characteristic of bulk systems. Because</p>

nanometrowych porach wymusza całkowicie odmienny sposób pakowania, prowadząc do powstawania warstw o różnej ruchliwości i tłumienia procesów obserwowanych w cieczy luzem. Diole, dzięki swojej dwufunkcyjnej budowie, reagują na takie zmiany szczególnie silnie, stanowiąc modelowy układ do badania oddziaływań wodorowych w warunkach skrajnych. Celem projektu jest stworzenie pierwszego systematycznego obrazu organizacji strukturalnej dioli oraz ich dynamiki molekularnej w różnych warunkach termodynamicznych. W badaniach zostaną połączone komplementarne techniki: szerokopasmowa spektroskopia dielektryczna umożliwiająca śledzenie ruchliwości cząsteczek, kalorymetria do analizy przemian fazowych, spektroskopia w podczerwieni pozwalająca badać naturę wiązań wodorowych, a także rozpraszanie promieniowania rentgenowskiego dostarczające informacji o korelacjach strukturalnych. Symulacje dynamiki molekularnej umożliwią wgląd na poziomie atomowym i pozwolą powiązać obserwacje eksperymentalne z mechanizmami mikroskopowymi.

Projekt obejmie porównanie dioli o różnej geometrii — liniowych, rozgałęzionych, cyklicznych oraz modyfikowanych chemicznie — w celu sformułowania ogólnych zasad opisujących zależność między budową cząsteczki a zachowaniem cieczy wiązanych wodorowo. Wyniki badań będą istotne nie tylko dla nauki podstawowej. Wiele nowoczesnych materiałów miękkich, wykorzystywanych m.in. w farmacji, elektronice organicznej czy technologiach funkcjonalnych, opiera się na kontrolowaniu mobilności molekularnej, procesów zeszklenia i stabilności struktur opartych na wiązaniach wodorowych.

Integracja danych eksperymentalnych i symulacyjnych pozwoli stworzyć przewidywalny opis tego, jak niewielkie różnice w budowie cząsteczek prowadzą do znaczących zmian w makroskopowych właściwościach cieczy. Taka wiedza jest kluczowa dla projektowania nowych materiałów opartych na precyzyjnie kontrolowanych oddziaływaniach wodorowych.

diols already possess inherently flexible hydrogen-bond networks, they are expected to respond particularly strongly to such changes in thermodynamic conditions.

The goal of this project is to establish the first systematic and unified understanding of how diols organize structurally and how their molecular dynamics evolve under various external influences. To achieve this, the study will integrate several complementary techniques: broadband dielectric spectroscopy to probe molecular mobility, calorimetry to detect phase transitions, infrared spectroscopy to characterize hydrogen bonding, and X-ray scattering to determine structural correlations. Molecular dynamics simulations will provide an atomistic view of the underlying mechanisms and allow direct comparison with experimental results. Applying this combined methodology to linear, branched, cyclic, and chemically modified diols will make it possible to identify the principles linking molecular geometry with the macroscopic behavior of hydrogen-bonded liquids.

The PhD student will conduct high-pressure dielectric studies of the selected diols, develop methods for analyzing the obtained data, and perform molecular dynamics simulations of associated liquids.

The project will be carried out in collaboration with researchers from the Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics of the Polish Academy of Sciences in Kraków.

<p>Doktorant lub doktorantka będzie prowadzić wysokociśnieniowe badania dielektryczne wybranych dioli, opracowywać metody analizy uzyskanych danych oraz wykonywać symulacje dynamiki molekularnej cieczy asocjacyjnych. Projekt będzie realizowany we współpracy z naukowcami z Instytutu Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego PAN w Krakowie.</p>	
<p><b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b></p> <p>Znaczenie naukowe tych badań wykracza poza zakres nauki podstawowej. Wiele funkcjonalnych materiałów miękkich, w tym stosowanych w farmacji, elektronice organicznej czy zaawansowanych powłokach, opiera swoje działanie na precyzyjnym kontrolowaniu ruchliwości związanej z wiązaniami wodorowymi oraz procesów zeszklenia. Diole, dzięki swojej różnorodności strukturalnej i nietypowej dynamice, stanowią idealną platformę modelową do formułowania ogólnych zasad opisujących zachowanie cieczy asocjacyjnych.</p>	<p><b>Planned contribution to the development of the discipline</b></p> <p>The scientific relevance of this work extends beyond fundamental studies. Many functional soft materials, including those used in pharmaceuticals, organic electronics, and advanced coatings, rely on controlling hydrogen-bond-mediated mobility and glass formation. Diols, thanks to their structural diversity and unusual dynamic response, offer an ideal model platform for formulating general rules that govern the behavior of associated liquids.</p>
<p><b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b></p> <p>Mile widziane umiejętności:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Doświadczenie w badaniach cieczy, zwłaszcza cieczy przechłodzonych, z wykorzystaniem spektroskopii dielektrycznej.</li> <li>2) Znajomość metod oraz aparatury stosowanej w szerokopasmowej spektroskopii dielektrycznej.</li> <li>3) Wiedza z zakresu materiałów szklących, cieczy przechłodzonych oraz zjawisk relaksacji dielektrycznej.</li> </ol>	<p><b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b></p> <p>Preferred skills:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Experience in studying liquids, particularly supercooled liquids, using dielectric spectroscopy.</li> <li>2) Familiarity with experimental methods and instrumentation used in broadband dielectric spectroscopy.</li> <li>3) Knowledge of glass-forming materials, supercooled liquids, and dielectric relaxation phenomena.</li> </ol>



Nauki fizyczne temat nr 11	Physical sciences topic No. 11
<b>Modelowanie układu do brachyterapii nowotworów oka metodą Monte Carlo</b>	<b>Monte Carlo modeling of the eye cancer brachytherapy system</b>
PhD supervisor: <b>dr hab. Adam Konefał, prof. UŚ</b> <a href="https://us.edu.pl/instytut/ifiz/nauka/zespoly-badawcze/poszukiwania-nowych-rozwiazan-w-interdyscyplinarnych-naukach-medycznych-przy-zastosowaniu-metod-fizyki-jadrowej/">https://us.edu.pl/instytut/ifiz/nauka/zespoly-badawcze/poszukiwania-nowych-rozwiazan-w-interdyscyplinarnych-naukach-medycznych-przy-zastosowaniu-metod-fizyki-jadrowej/</a>	
<b>Krótką charakterystyką założeń i celów badawczych</b> Podstawowym celem badań jest wykorzystanie kodu GEANT4 bazującego na metodzie Monte Carlo do zaprojektowania układu do brachyterapii nowotworów oka. Kod GEANT4 został opracowany w CERNie i był przeznaczony do projektowania detektorów w eksperymencie LHC. Podstawowym założeniem projektu jest to, że modele procesów fizycznych Livermore dedykowane do symulacji oddziaływań elektromagnetycznych w ramach kodu GEANT4 są właściwym narzędziem do symulacji procesów fizycznych zachodzących podczas oddziaływania produktów rozpadu źródeł promieniotwórczych stosowanych w brachyterapii. W pierwszym etapie badań biblioteki Livermore zostaną poddane weryfikacji poprzez zestawienie wyników symulacji z eksperymentem wykonanym za pomocą metod fizyki jądrowej takich jak spektroskopia gamma i pomiary dawki detektorami termoluminescencyjnymi. W razie rozbieżności wyników z obliczeń i pomiarów zostaną podjęte próby modyfikacji kodu modeli Livermore i ewentualnie przekrojów czynnych na odpowiednie procesy fizyczne związane z tymi modelami. W drugim etapie badań modele Livermore zostaną zastosowane do zaprojektowania układu do brachyterapii oka, przy czym zostaną opracowane wszystkie szczegóły układu ważne dla jego klinicznego zastosowania, gdyż ostatnim etapem będzie opracowanie opisu patentowego. Opracowanie patentu kończy badania.	<b>Brief description of research assumptions and goals</b> The primary goal of this research is to use the GEANT4 code, based on the Monte Carlo method, to design a system for brachytherapy of eye cancers. The GEANT4 code was developed at CERN and was intended for the design of detectors for the LHC experiment. The basic premise of the project is that the Livermore physical process models dedicated to the simulation of electromagnetic interactions within the GEANT4 code are an appropriate tool for simulating the physical processes occurring during the interaction of decay products of radioactive sources used in brachytherapy. In the first stage of the research, the Livermore libraries will be verified by comparing simulation results with experiments performed using nuclear physics methods such as gamma spectroscopy and dose measurements with thermoluminescence detectors. If there are discrepancies between the results of the calculations and measurements, attempts will be made to modify the Livermore model code and, if necessary, the cross sections for the relevant physical processes associated with these models. In the second stage of the research, the Livermore models will be used to design a system for brachytherapy of the eye. All details relevant to its clinical application will be developed, as the final step will be the development of a patent description. The development of a patent concludes the research.
<b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b> Planowany wkład do fizyki to: 1) rozszerzenie kodu GEANT4 o zastosowanie go do projektowania	<b>Planned contribution to the development of the discipline</b>





<p>układów służących do leczenia nowotworów, 2) weryfikacja i ewentualna modyfikacja modeli Livermore stanowiących integralną część kodu GEANT4, 3) weryfikacja i uzupełnienie przekrojów czynnych na oddziaływania elektromagnetyczne przy zastosowaniu spektroskopii gamma.</p>	<p>Planned contributions to physics include: 1) extending the GEANT4 code to include applications for designing systems for cancer treatment, 2) verifying and potentially modifying the Livermore models that are an integral part of the GEANT4 code, 3) verifying and expanding cross sections for electromagnetic interactions using gamma spectroscopy.</p>
<p><b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b> Ukończone studia z fizyki, fizyki medycznej lub biofizyki itp.</p>	<p><b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b> Completed studies in physics, medical physics or biophysics, etc.</p>





Nauki fizyczne temat nr 12	Physical sciences topic No. 12
Nierównowagowa termodynamika anomalii dyfuzji	Nonequilibrium thermodynamics of diffusion anomalies
PhD supervisor: <b>dr hab. Jakub Spiechowicz, prof. UŚ</b> <a href="https://zft.us.edu.pl/index.php/people/13-staff/35-mgr-jakub-spiechowicz">https://zft.us.edu.pl/index.php/people/13-staff/35-mgr-jakub-spiechowicz</a>	
<b>Krótką charakterystyką założeń i celów badawczych</b> Zafascynowani niezrównaną wydajnością silników molekularnych, w proponowanym projekcie chcemy zbadać nierównowagową termodynamikę anomalii dyfuzji. Ostatnie lata przyniosły imponujący postęp w technikach eksperymentalnych, takich jak mikroskopia czy rekonstrukcja układów subkomórkowych poza organizmami żywymi, który pozwala szczegółowo śledzić ich dynamikę. Badając ruch w komórkach biologicznych rutynowo odkrywa się, że dyfuzja wykazuje anomalie, a zatem taki układ stanowi idealny układ do tego celu. Powiązanie termodynamiki z anomaliami dyfuzji jest jednym z najważniejszych problemów we współczesnej mechanice statystycznej. Centralnym pytaniem projektu jest zatem, jakie są konsekwencje termodynamiczne anomalii dyfuzji, takich jak dyfuzja anomalna i dyfuzja Brownska, lecz nieGaussowska, a także innych, takich jak gigantyczna dyfuzja. Aby opracować ich interpretację termodynamiczną, planujemy przeanalizować, jak dynamika w podprzestrzeni prędkości wpływa na kinetykę w podprzestrzeni położenia oraz jaki jest jej wpływ na sprawność układu. Będziemy modelować go za pomocą uogólnionego stochastycznego równania całkowo-różniczkowego Langevina jako motor Brownski, tzn. klasyczną cząstkę Browna, z dala od równowagi termodynamicznej, poruszającą się w przestrzeni periodycznym potencjale. Jako przyczyny anomalii dyfuzji planujemy uwzględnić czynniki odzwierciedlające charakterystyczne cechy środowiska wewnątrzkomórkowego, a mianowicie lepkość, zatłoczenie,	<b>Brief description of research assumptions and goals</b> Fascinated by the unparalleled efficiency of molecular motors in the proposed project we want to study nonequilibrium thermodynamics of diffusion anomalies. Recent years have seen impressive progress in experimental techniques such as microscopy or reconstruction of subcellular systems outside of living organisms allowing us to follow their dynamics in great detail. When tracking motion in cells one routinely finds that diffusion exhibits anomalous behavior and therefore such a setup provides an ideal system of interest for this purpose. A link between thermodynamics and diffusion anomalies is one of the most important missing puzzles in state of the art statistical mechanics. The central question of the project is therefore what are the thermodynamical consequences of diffusion anomalies such as the anomalous diffusion and Brownian, yet non-Gaussian diffusion as well as other ones like the giant diffusion. To develop their thermodynamical interpretation we plan to analyze how the dynamics in the velocity subspace impacts the kinetics in the coordinate subspace and the effect of such influence on the efficiency of the motor. We plan to model it in terms of the generalized Langevin stochastic integro-differential equation as a Brownian motor, namely, a classical Brownian particle far away from thermodynamic equilibrium traveling in a spatially periodic potential. As factors giving rise to diffusion anomalies we plan to consider contributions that reflect the characteristic features of the intracellular environment, namely the viscoelasticity; crowding;





<p>heterogeniczność i wszechobecne (aktywne) fluktuacje.</p> <p>Wykorzystamy najnowsze osiągnięcia w teorii procesów stochastycznych i ich interpretacji termodynamicznej, takie jak np. termodynamiczne relacje nieoznaczoności, które ograniczają fluktuacje w stanach dowolnie oddalonych od równowagi. Głównymi narzędziami badawczymi będą analityczne i numeryczne metody analizy kinetyki nierównowagowego motoru Brownowskiego. Obliczenia przeprowadzimy w ramach uogólnionych stochastycznych równań całkowo-różniczkowych Langevina lub równań różniczkowych cząstkowych Fokkera-Plancka. Nasze wyniki mogą zostać zweryfikowane eksperymentalnie w wielu różnych układach pochodzenia biologicznego i sztucznego. Są to np. motory molekularne, takie jak kinezyrna lub dyneina, oraz cząstki koloidalne w periodycznych potencjałach generowanych światło laserowe.</p>	<p>heterogeneity; and ubiquitous (active) fluctuations.</p> <p>We will harvest the most recent advances in the theory of stochastic processes and their thermodynamic interpretation such as e.g. thermodynamic uncertainty relations that constrain current fluctuations in states arbitrarily far from equilibrium. The main research tools will be analytical and numerical methods of analysis of the nonequilibrium Brownian motor kinetics. We will perform calculations in the framework of the generalized Langevin stochastic integro-differential equations or the Fokker-Planck partial differential ones. Our results may be validated experimentally in many different setups of biological and artificial origin. These are e.g. single-molecule motors such as a kinesin or dynein and colloidal particles dwelling in periodic potentials created by laser light fields.</p>
<p><b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b></p> <p>Badania planowane w ramach tego projektu pozwolą zmierzyć się z kilkoma fundamentalnymi wyzwaniami w dziedzinie nierównowagowej fizyki statystycznej, termodynamiki i teorii transportu w skali mikro i nano. Z drugiej strony, projekt jest również obiecujący pod względem potencjalnych przyszłych zastosowań, takich jak projektowanie i wytwarzanie mikro- i nanosilników inspirowanych biologicznie.</p>	<p><b>Planned contribution to the development of the discipline</b></p> <p>Research planned in this project will allow facing several fundamental challenges in nonequilibrium statistical physics, thermodynamics and theory of transport in the micro and nanoscale domain. On the other hand, this proposal is promising also in terms of its potential future applications such as designing and fabricating biologically inspired micro and nano motors.</p>
<p><b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b></p>	<p><b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b></p>





Nauki fizyczne temat nr 13	Physical sciences topic No. 13
<b>Pomiar polaryzacji indukowanej w reakcji rozbitcia deuteronu w zderzeniu z protonem</b>	Measurement of polarization induced in the reaction of deuteron breakup in collision with a proton
PhD supervisor: <b>dr hab. Elżbieta Stephan, prof. UŚ</b>	
<b>Krótką charakterystyką założeń i celów badawczych</b> Projekt ma charakter eksperymentalny; głównym celem jest pomiar polaryzacji indukowanej jednego z protonów emitowanych w reakcji rozbitcia deuteronu w zderzeniu z protonem, $2H(p,pp)n$ . Eksperyment jest kontynuacją szeregu projektów poświęconych badaniu układów kilku nukleonów, a w szczególności reakcji rozbitcia (breakupu) deuteronu w jego zderzeniu z protonem, zrealizowanych w międzynarodowych zespołach z wykorzystaniem nowoczesnych detektorów o dużej akceptancji kątowej: SALAD, BINA i WASA. Projekty te dostarczyły unikalnych informacji o roli tzw. siły trójnukleonowej (3NF), wpływie oddziaływania kulombowskiego i efektach relatywistycznych. W ostatnich latach detektor BINA jest wykorzystywany do takich badań w Centrum Cyklotronowym Bronowice (CCB) w Krakowie. W ramach projektu OPUS został skonstruowany polarymetr protonów BINAPol, obecnie będący w fazie testów, który działa w oparciu o rozpraszanie protonów na jądrach węgla i precyzyjną rekonstrukcję ich śladów w komorze MWDC. W niedalekiej przyszłości BINAPol zostanie zintegrowany z detektorem BINA. Więcej informacji o idei pomiaru można znaleźć w załączonej publikacji. Proponowany projekt doktorski obejmuje czynny udział doktoranta w przygotowaniach eksperymentu i dwóch seriach pomiarowych, przeprowadzenie symulacji Monte Carlo i analizę zebranych danych. Główne cele badawcze projektu to: 1. Wyznaczenie efektywnej zdolności analizującej AC polarymetru BINAPol przy różnych	<b>Brief description of research assumptions and goals</b> The main experimental objective of this project is to measure induced polarization of a proton for a set of kinematic configurations of the $2H(p, pp)n$ breakup reaction. The experiment is a continuation of a series of projects devoted to the study of few-nucleon systems, in particular the breakup of a deuteron in its collision with a proton, carried out by international collaborations using modern large acceptance detectors, SALAD, BINA, and WASA. These projects have provided unique information about the role of the so-called three-nucleon force (3NF), the influence of Coulomb interaction and relativistic effects. In recent years, the BINA detector has been used for such research at the Bronowice Cyclotron Center (CCB) in Krakow. As part of the OPUS project, the BINAPol proton polarimeter was constructed, currently in the testing phase, which is based on the scattering of protons on carbon nuclei and the precise reconstruction of their tracks in the MWDC chamber. In the near future, BINAPol will be integrated with the BINA detector. More information about the idea of measurement can be found in the attached publication. The proposed doctoral project involves the active participation of the doctoral student in the preparation of the experiment and two measurement runs, conducting Monte Carlo simulations, and analyzing the collected data. The main research objectives of the project are: 1. Determination of the effective analyzing power AC of the BINAPol polarimeter at various proton energies. Existing literature data correspond to





energiach protonów. Istniejące dane literaturowe odpowiadają innym grubościom rozpraszacza grafitowego, więc uzyskany wynik uzupełni tę bazę danych i posłuży do weryfikacji zależności efektywnego AC od grubości. Ponadto dzięki dobrze określonej energii, dużemu przekrojowi czynnemu i wysokiej polaryzacji protonów z rozpraszania sprężystego analiza takich zdarzeń pozwoli na precyzyjne kontrolowanie różnych własności BINAPol, takich jak wydajność, akceptancja kątowa, precyzja rekonstrukcji kątów rozproszenia.

2. Pomiar polaryzacji indukowanej w reakcji breakupu,  $P_y$ , przy energii wiązki 160 MeV. Przedmiotem analizy będą wybrane konfiguracje kątowe, kiedy jeden z protonów został zarejestrowany w polarymetrze, a drugi w przeciwległym sektorze detektora BINA. Parametry BINAPol wynikające z wcześniejszej analizy (punkt 1) zostaną uwzględnione w symulacji, która pozwoli na określenie efektów systematycznych związanych z rekonstrukcją wierzchołka rozproszenia. Następnie zostaną przeanalizowane dane pomiarowe w celu wyznaczenia  $P_y$ . Będzie to główny wynik fizyczny projektu.

different thicknesses of the graphite scatterer, so the obtained result will supplement this database and will be used to verify the dependence of the effective analyzing power on the scatterer thickness. In addition, due to the well-defined energy, large cross section, and high polarization of protons from elastic scattering, the analysis of such events will allow for precise control of various properties of BINAPol, such as efficiency, angular acceptance, and precision of scattering angle reconstruction.

2. Measurement of the polarization induced in the breakup reaction,  $P_y$ , at a beam energy of 160 MeV. The analysis will focus on selected angular configurations where one of the protons was recorded in the polarimeter and the other in the opposite sector of the BINA detector. The BINAPol parameters resulting from the previous analysis (point 1) will be included in the simulation, which will allow the systematic effects associated with the reconstruction of the scattering vertex to be determined. Next, the measurement data will be analyzed to determine  $P_y$ . This will be the main physical result of the project.

#### **Planowany wkład w rozwój dyscypliny**

Podstawą do zrozumienia struktury jąder, równania stanu materii jądrowej (np. w gwiazdach neutronowych), czy procesów jądrowych, jest właściwy opis oddziaływań między nukleonami. Szeroko stosuje się do tego celu tak zwane realistyczne potencjały oddziaływań nukleon-nukleon w połączeniu z modelami siły trójnukleonowej (3NF), które z sukcesem opisują wiele danych, choć mają problem z niektórymi obserwabkami polaryzacyjnymi. Obecnie najbardziej zaawansowany teoretycznie opis oddziaływań jądrowych jest rozwijany w ramach Chiralnej Efektywnej Teorii Pola (ChEFT), która jest pomostem między fizyką jądrową a chromodynamiką kwantową (QCD) opisującą oddziaływanie między kwarkami. ChEFT jest oparta o symetrię QCD, w tym częściowo łamaną symetrię chiralną i ma charakter perturbacyjny. Badania reakcji w układach trzech nukleonów (3N) dostarczają bardzo cennych informacji o oddziaływaniu jądrowym i pozwalają na testy jego

#### **Planned contribution to the development of the discipline**

The basis for understanding the structure of nuclei, the equation of state of nuclear matter (e.g., in neutron stars), or nuclear processes is a proper description of the interactions between nucleons. So-called realistic nucleon-nucleon interaction potentials are widely used for this purpose in combination with three-nucleon force (3NF) models, which successfully describe large data sets, although they have problems with certain polarization observables. Currently, the most theoretically advanced description of nuclear interactions is being developed within the framework of Chiral Effective Field Theory (ChEFT), which is a bridge between nuclear physics and quantum chromodynamics (QCD) describing interactions between quarks. ChEFT is based on QCD symmetries, including partially broken chiral symmetry, and is perturbative in nature. Studies of reactions in three-nucleon (3N) systems provide very valuable information about nuclear





modeli, w tym przewidywań w ramach ChEFT. Ostatnio teoretycy rozważają wykorzystanie precyzyjnych danych dla układów 3N do znalezienia pewnych parametrów ChEFT, tzw. LECs (Low Energy Constants). Obserwable polaryzacyjne są bardzo oczekiwaną bazą dla weryfikacji przewidywań teoretycznych ze względu na swoją czułość na subtelne przyczynki do oddziaływania Breakup deuteronu w zderzeniu z protonem jest słabo zbadany pod względem obserwabli polaryzacyjnych. Polaryzacja indukowana  $P_y$  jest jedną z najtrudniejszych do zmierzenia i do tej pory cała światowa baza danych to kilka punktów zmierzonych przy jednej energii wiązki w RIKEN (Japonia).

Wkład proponowanego projektu w rozwój badań to:

1. Uzupełnienie układu BINA o polarymetr protonów, co znacznie poszerza możliwości eksperymentalne. Gdyby pojawiła się możliwość wykorzystania układu BINA w pomiarach z wiązką spolaryzowaną (protonową lub deuteronową) polarymetr pozwoli na pomiary kolejnych istotnych obserwabli: współczynników transferu polaryzacji.
2. Pomiar polaryzacji indukowanej  $P_y$ . Uzyskane wyniki dostarczą bazy do testów przewidywań ChEFT, a potencjalnie także dostarczą ograniczeń na parametry siły 3NF.
3. Analiza możliwości (pierwszego w świecie) pomiaru polaryzacji indukowanej  $P_x$ . Określenie parametrów polarymetru, maksymalnego prądu wiązki i przepustowości układu akwizycji danych pozwolą ocenić, czy pomiar taki jest wykonalny w warunkach CCB.

interactions and allow for testing of models, including predictions within ChEFT. Recently, theorists have been considering the use of precise data for 3N systems to find certain ChEFT parameters, known as LECs (Low Energy Constants).

The breakup of deuteron in collision with a proton has been poorly studied in terms of polarization observables.  $P_y$ -induced polarization is one of the most difficult to measure, and so far the entire global database consists of a few points measured at a single beam energy at RIKEN (Japan).

The contribution of the proposed project to the research is as follows:

1. Supplementing the BINA system with a proton polarimeter, which significantly expands the experimental possibilities. If it becomes feasible to use the BINA detector in measurements with a polarized beam (proton or deuteron), the polarimeter will allow measurements of the other important observables: polarization transfer coefficients.
2. Measurement of induced polarization  $P_y$  in the breakup reaction. The results obtained will provide a basis for testing ChEFT predictions and potentially also provide constraints on the parameters of the 3NF force.
3. Analysis of the possibility of (the world's first) measurement of induced polarization  $P_x$ . Determination of the polarimeter parameters, maximum beam current, and data acquisition system throughput will allow us to assess whether such a measurement is feasible under CCB conditions.

**Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata**

Wymagana jest podstawowa wiedza z fizyki jądrowej i cząstek, przydatne będą umiejętności programowania (najlepiej w języku C++); od kandydata oczekuje się zainteresowania fizyką eksperymentalną i gotowości do pracy w zespole.

**Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate**

Basic knowledge of nuclear and particle physics is required, programming skills (preferably in C++) will be useful; candidates are expected to have an interest in experimental physics and a willingness to work in a team.





<p>Nauki fizyczne temat nr 14</p>	<p>Physical sciences topic No. 14</p>
<p><b>Poszukiwanie ciężkich, rzadko obserwowanych rezonansów barionowych w zderzeniach proton–proton w eksperymencie ALICE (CERN)</b></p>	<p><b>Search for heavy, rarely observed baryonic resonances in proton–proton collisions in the ALICE experiment at CERN</b></p>
<p>PhD supervisor: <b>dr hab. Szymon Puławski, prof. UŚ</b></p>	
<p><b>Krótką charakterystyka założeń i celów badawczych</b> Celem projektu jest poszukiwanie i charakterystyka ciężkich, rzadko obserwowanych rezonansów barionowych, w szczególności stanów wielodziwnych takich jak <math>\Xi(2030)</math>, produkowanych w zderzeniach proton–proton rejestrowanych przez eksperyment ALICE w CERN. Projekt zakłada rekonstrukcję rezonansów w kanałach rozpadu hadronowego z wykorzystaniem topologii rozpadów słabych hiperionów oraz zaawansowanych metod redukcji tła kombinatorycznego. Analiza obejmie ekstrakcję sygnału z widm masy niezmienniczej, korekcję efektywności i akceptancji oraz ocenę niepewności systematycznych. Uzyskane wyniki zostaną porównane z przewidywaniami modeli hadronizacji i generatorów zdarzeń, co pozwoli na lepsze zrozumienie mechanizmów produkcji barionów dziwnych w zderzeniach p+p.</p>	<p><b>Brief description of research assumptions and goals</b> The aim of the project is the search for and characterization of heavy, rarely observed baryonic resonances, in particular multi-strange states such as <math>\Xi(2030)</math>, produced in proton–proton collisions recorded by the ALICE experiment at CERN. The project involves the reconstruction of resonances in hadronic decay channels using weak-decay topologies of hyperons and advanced methods for combinatorial background suppression. The analysis will include signal extraction from invariant-mass spectra, efficiency and acceptance corrections, and a detailed evaluation of systematic uncertainties. The results will be compared with predictions of hadronization models and event generators, contributing to a deeper understanding of strange baryon production mechanisms in p+p collisions.</p>
<p><b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b> Projekt wniesie istotny wkład do eksperymentalnej spektroskopii hadronów dziwnych poprzez dostarczenie nowych lub bardziej precyzyjnych pomiarów ciężkich rezonansów barionowych w zderzeniach p+p. Wyniki pozwolą na weryfikację i ograniczenie modeli hadronizacji oraz fragmentacji, szczególnie w sektorze wielodziwnym, który pozostaje słabo poznany. Analiza przyczyni się również do rozwoju metod rekonstrukcji złożonych kanałów rozpadu i estymacji tła w eksperymentach fizyki wysokich energii, a jej rezultaty mogą stanowić punkt</p>	<p><b>Planned contribution to the development of the discipline</b> The project will contribute to experimental strange-hadron spectroscopy by providing new or more precise measurements of heavy baryonic resonances in proton–proton collisions. The results will help to constrain and validate hadronization and fragmentation models, particularly in the poorly explored multi-strange sector. Furthermore, the analysis will advance methodologies for reconstructing complex decay channels and for background estimation in high-energy physics experiments. The obtained results may also serve</p>





<p>odniesienia dla przyszłych badań w układach p+A i A+A.</p>	<p>as a reference for future studies in p+A and A+A collision systems.</p>
<p><b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b> Od kandydata oczekuje się podstawowej wiedzy z zakresu fizyki cząstek elementarnych i fizyki wysokich energii, w szczególności znajomości oddziaływań silnych i zagadnień hadronizacji. Pożądane są umiejętności analizy danych, programowania (np. C++ i/lub Python) oraz pracy w środowisku Linux. Mile widziane jest doświadczenie w analizie danych eksperymentalnych lub Monte Carlo. Kandydat powinien wykazywać gotowość do pracy zespołowej w międzynarodowej kolaboracji, samodzielność w rozwiązywaniu problemów badawczych oraz dobrą organizację pracy. Wymagana jest komunikatywność oraz gotowość do prezentowania wyników w języku angielskim.</p>	<p><b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b> The candidate is expected to have a basic background in particle physics and high-energy physics, including knowledge of strong interactions and hadronization phenomena. Skills in data analysis and programming (e.g. C++ and/or Python) as well as experience with the Linux environment are desirable. Prior experience with experimental or Monte Carlo data analysis is an asset. The candidate should be able to work effectively in an international collaboration, demonstrate independence in solving research problems, and possess good organizational skills. Strong communication abilities and willingness to present results in English are required.</p>





Nauki fizyczne temat nr 15	Physical sciences topic No. 15
Poszukiwanie źródeł biomasy do wytwarzania materiałów węglowych o cechach strukturalnych odpowiednich na anody baterii jonowych	Searching for biomass sources for the production of carbon materials with structural features suitable for anodes of ion batteries
PhD supervisor: <b>dr inż. Karolina Jurkiewicz, prof. UŚ</b>	
<b>Krótką charakterystyką założeń i celów badawczych</b> Celem projektu jest znalezienie źródeł biomasy odpowiednich do przekształcenia w materiały węglowe o cechach strukturalnych korzystnych dla zastosowania ich jako materiały aktywne baterii sodowo- czy litowo-jonowych. Mowa o parametrach takich jak odległości międzypłaszczyznowe, kształt i wielkość domen grafito-podobnych oraz frakcja, rozkład i wielkość porów. W ostatnim czasie obserwuje się ogromne zainteresowanie bio-węglami, wytwarzanymi z biomasy i bio-ekstraktów roślinnych, które stanowią ekologiczne i tanie alternatywy dla tradycyjnych prekursorów materiałów węglowych, np. koksu naftowego do produkcji grafitu. Obserwujemy także rosnące zapotrzebowanie na elektrochemiczne baterie i magazyny energii. Dlatego, głównym założeniem badawczym jest próba otrzymywania materiałów węglowych do tego typu zastosowań z odnawialnej i wysokodostępnej biomasy. W zależności od składu chemicznego i kompozycji fazowej początkowej biomasy w procesie obróbki termicznej możliwe jest otrzymywanie wysokoporowatych i nieuporządkowanych materiałów węglowych, które mogą znaleźć zastosowanie w bateriach sodowo-jonowych lub grafito-podobnych materiałów, które mogą być zastosowane w bateriach litowo-jonowych. Dlatego, projekt zakłada otrzymywanie charakterystykę strukturalną materiałów węglowych z mało, jak dotąd, przebadanych źródeł biomasy, takich jak łupiny orzechów czy skórki owoców.	<b>Brief description of research assumptions and goals</b> The project's goal is to identify biomass sources suitable for conversion into carbon materials with structural characteristics favorable for use as active materials in sodium- or lithium-ion batteries. These parameters include interplanar distance, the shape and size of graphite-like domains, and the fraction, distribution, and pore size. Recently, there has been significant interest in biocarbons produced from biomass and plant bioextracts, which represent ecological and cost-effective alternatives to traditional carbon precursors, such as petroleum coke for graphite production. There is also a growing demand for electrochemical batteries and energy storage devices. Therefore, the main research objective is to attempt to obtain carbon materials for these applications from renewable and highly available biomass. Depending on the chemical and phase composition of the initial biomass, by its heat-treatment it is possible to yield highly porous and disordered carbon materials that can be used in sodium-ion batteries, or graphite-like materials that can be used in lithium-ion batteries. Therefore, the project involves obtaining structural characteristics of carbon materials from previously little-studied biomass sources, such as nutshells or fruit peels.





<p><b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b></p> <p>W dobie kryzysu energetycznego i globalnych konfliktów, rośnie znaczenie zagospodarowania odpadów biomasy. Projekt jest odpowiedzią na zapotrzebowanie rynku na efektywne, a równocześnie tanie i ekologiczne materiały do baterii jonowych. Zaplanowane badania mają zasadnicze znaczenie dla rozwoju zrównoważonych technologii baterii elektrochemicznych. Planowany wkład w rozwój dyscypliny nauki fizyczne dotyczy poznania związków między składem i warunkami obróbki termicznej na właściwości strukturalne materiałów węglowych z biomasy.</p>	<p><b>Planned contribution to the development of the discipline</b></p> <p>In times of energy crisis and global conflict, the importance of biomass waste management is growing. The project responds to market demand for effective, yet abundant, and eco-friendly materials for ion batteries. The planned research is crucial for the development of sustainable electrochemical battery technologies. The planned contribution to the development of the physical sciences involves understanding the relationships between composition and thermal processing conditions on the structural properties of carbon-based materials from biomass.</p>
<p><b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b></p> <p>Poszukiwany będzie kandydat o umiejętnościach eksperymentalnych i podstawowej znajomości pracy w laboratorium. Kandydat powinien posiadać umiejętności zarówno pracy zespołowej jak i indywidualnej, powinien posiadać także zdolności analityczne. Znajomość podstaw metod wytwarzania materiałów węglowych i technik badawczych służących do badania nanostruktury, takich jak np. dyfrakcja rentgenowska, spektroskopia ramanowska, mikroskopia elektronowa, będzie dodatkowym atutem.</p>	<p><b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b></p> <p>We are seeking a candidate with experimental skills and a basic understanding of laboratory work. The candidate should possess both teamwork and individual work skills, as well as analytical abilities. Basic knowledge of carbon material fabrication methods and research techniques for nanostructure analysis, such as X-ray diffraction, Raman spectroscopy, and electron microscopy, would be an asset.</p>





Nauki fizyczne temat nr 16	Physical sciences topic No. 16
<b>Projektowanie właściwości przewodzących elektrolitów poprzez strukturalną nanoorganizację</b>	<b>Designing the Conductive Properties of Electrolytes Through Structural Nanoorganization</b>
PhD supervisor: <b>prof. dr hab. Żaneta Wojnarowska</b>	
<b>Krótką charakterystyką założeń i celów badawczych</b> Celem tego projektu jest rozszyfrowanie mechanizmu, w jaki sposób i dlaczego dochodzi do przejść ciecz-ciecz. Wykorzystując eksperymenty pod wysokim ciśnieniem (do 2 GPa) oraz techniki ultraszybkiego chłodzenia, zbadamy, jak ciecze jonowe reorganizują swoją strukturę molekularną w trakcie przejścia między stanami. Kluczowe pytanie brzmi: czy zmiana ta jest wyłącznie napędzana przez temperaturę i ciśnienie, czy też można ją kontrolować szybkością kompresji lub chłodzenia – niejako „zamrażając” ciecz w stanie pośrednim.	<b>Brief description of research assumptions and goals</b> This project aims to crack the code of how and why the liquid-liquid transitions happen. Using high-pressure experiments (up to 2GPa) and ultra-fast cooling techniques, we will study how the ionic liquids rearrange their molecular structures when transitioning between states. A key question is whether this change is purely driven by temperature and pressure or if it can be controlled by how quickly we compress or cool the liquid—like "freezing" it in an intermediate form.
<b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b> Znaczenie tego projektu wykracza daleko poza czystą ciekawość naukową. Dzisiejsze baterie i urządzenia do magazynowania energii opierają się na materiałach o stałych właściwościach. Jeśli uda się zaprojektować ciecze jonowe, które mogą odwracalnie zmieniać swoją przewodność lub lepkość, stworzymy „inteligentne nanoelektrolity” zdolne do adaptacji do zmieniających się warunków – zwiększając ich efektywność i bezpieczeństwo. Ponadto zrozumienie przejść ciecz-ciecz może ujawnić nowe prawa fizyki dotyczące zachowania materiałów nieuporządkowanych w ekstremalnych warunkach, co znajdzie zastosowanie od przemysłowych środków smarnych po formułacje farmaceutyczne.	<b>Planned contribution to the development of the discipline</b> This project aims to crack the code of how and why the liquid-liquid transitions happen. Using high-pressure experiments (up to 2GPa) and ultra-fast cooling techniques, we will study how the ionic liquids rearrange their molecular structures when transitioning between states. A key question is whether this change is purely driven by temperature and pressure or if it can be controlled by how quickly we compress or cool the liquid—like "freezing" it in an intermediate form.
<b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b> Dyplom ukończenia studiów magisterskich w dziedzinie fizyki, chemii lub nauk o materiałach. Zdolności manualne oraz dbałość o precyzję i	<b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b> A Master's degree diploma in the field of physics, chemistry, or materials science. Manual dexterity and attention to precision and work organization,





organizację pracy, niezbędne do obsługi zaawansowanej aparatury naukowej, prowadzenia eksperymentów, przygotowywania próbek. Biegła znajomość języka angielskiego w mowie i piśmie. Umiejętność efektywnej pracy w zespole badawczym.

essential for operating advanced scientific equipment, conducting experiments, and preparing samples. Proficient command of spoken and written English. Ability to work effectively in a research team.



Nauki fizyczne temat nr 17	Physical sciences topic No. 17
<b>Przemiany fazowe w organicznych jonowych kryształach do zastosowań barokalorycznych</b>	<b>Phase transitions in organic ionic plastic crystals for barocaloric applications</b>
PhD supervisor: <b>prof. dr hab. Żaneta Wojnarowska</b>	
<p><b>Krótką charakterystyka założeń i celów badawczych</b></p> <p>Materiały barokaloryczne (BC) stanowią obiecującą rodzinę stałych czynników chłodniczych, które oferują realny potencjał zastąpienia szkodliwych dla środowiska gazowych czynników chłodniczych. Racjonalne projektowanie materiałów BC opiera się na zrozumieniu przemian fazowych ciało stałe-ciało stałe (SST) pod ciśnieniem. Organiczne jonowe kryształy (OIPC) wydają się obiecującymi kandydatami na BC, ale bezpośrednia charakterystyka ich zależnego od ciśnienia zachowania fazowego pozostaje wyzwaniem. W niniejszej pracy wykorzystamy wysokociśnieniową szerokopasmową spektroskopię dielektryczną (HP-BDS) i sprzęt PVT jako narzędzia do mapowania diagramów fazowych różnych OIPC. Przeprowadzone zostaną również badania mieszanin różnych OIPC, a zdolność tych układów do mieszanin eutektycznych zostanie zbadana w różnych warunkach temperatury i ciśnienia.</p>	<p><b>Brief description of research assumptions and goals</b></p> <p>Barocaloric (BC) materials represent a highly promising family of solid-state refrigerants that offer real potential to replace environmentally damaging gas refrigerants. The rational design of BC materials relies on understanding solid-solid phase transitions (SSTs) under pressure. Organic ionic plastic crystals (OIPCs) emerge as promising BC candidates, but direct characterization of their pressure-dependent phase behavior remains a challenge. Herein, we employ high-pressure broadband dielectric spectroscopy (HP-BDS) and PVT equipment as a tool to map the phase diagrams of various OIPCs. Mixtures of various OIPCs will be also performed and the ability of these systems to form deep eutectics will be examined at various T-P conditions.</p>
<p><b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b></p> <p>Opracowana metodologia, łącząca wysokociśnieniową spektroskopię dielektryczną z pomiarami PVT, dostarczy nowego, fundamentalnego narzędzia do zrozumienia właściwości fizycznych i w konsekwencji racjonalnego projektowania materiałów stałych dla "zielonego chłodzenia". Badania wpływu mieszania tych związków i tworzenia mieszanin eutektycznych wskażą konkretne ścieżki optymalizacji ich właściwości termodynamicznych.</p>	<p><b>Planned contribution to the development of the discipline</b></p> <p>The developed methodology, combining high-pressure dielectric spectroscopy with PVT measurements, will provide a new, fundamental tool for understanding the physical properties and, consequently, for the rational design of solid-state materials for "green cooling." Research on the effect of mixing these compounds and forming eutectic mixtures will indicate specific pathways for optimizing their thermodynamic properties.</p>
<p><b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b></p> <p>Dyplom ukończenia studiów magisterskich w dziedzinie fizyki, chemii lub nauk o materiałach.</p>	<p><b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b></p> <p>A Master's degree diploma in the field of physics, chemistry, or materials science. Manual dexterity</p>



Zdolności manualne oraz dbałość o precyzję i organizację pracy, niezbędne do obsługi zaawansowanej aparatury naukowej, prowadzenia eksperymentów, przygotowywania próbek. Biegła znajomość języka angielskiego w mowie i piśmie. Umiejętność efektywnej pracy w zespole badawczym.

and attention to precision and work organization, essential for operating advanced scientific equipment, conducting experiments, and preparing samples. Proficient command of spoken and written English. Ability to work effectively in a research team.





<p>Nauki fizyczne temat nr 18</p>	<p>Physical sciences topic No. 18</p>
<p><b>Statystyka czasów życia i korelacje długozasięgowe w dynamice kanałów jonowych: teoretyczna rekonstrukcja stanów funkcjonalnych</b></p>	<p>Dwell-time statistics and long-range correlations in ion channel dynamics: a theoretical reconstruction of functional states</p>
<p>PhD supervisor: <b>dr hab. Łukasz Machura, prof. UŚ</b></p>	
<p><b>Krótką charakterystyką założeń i celów badawczych</b></p> <p>Zastosowanie techniki patch-clamp umożliwia rejestrację elementarnych procesów transportu ładunku przez pojedyncze kanały jonowe z rozdzielczością pikoamperową. Choć tradycyjnie dynamikę bramkowania opisuje się dyskretnymi łańcuchami Markowa, sygnały te wykazują złożone cechy nieliniowe, takie jak korelacje długozasięgowe oraz nieklasyczne statystyki czasów przebywania w stanach funkcjonalnych. Sugeruje to istnienie ciągłej, losowej dynamiki konformacyjnej białka, której nie wyczerpują modele o skończonej liczbie stanów.</p> <p>Głównym celem projektu jest opracowanie i analiza teoretyczna matematycznych modeli bramkowania kanałów, opartych na formalizmie dynamiki Browna w ograniczonym potencjale. Wykorzystując nieliniowe równania Langevina, dążyć będziemy do konstrukcji minimalnego modelu fizycznego zdolnego do wiernej rekonstrukcji sygnału biologicznego. Kluczowe zadania obejmują (i) identyfikację parametrów potencjału i mechanizmów dysypatywnych odpowiedzialnych za generowanie pamięci w układzie, (ii) wyznaczenie teoretycznych rozkładów statystycznych czasów życia stanów otwartego i zamkniętego w funkcji geometrii bariery energetycznej oraz (iii) opracowanie algorytmów klasyfikacji stanów sub-przewodzących, pozwalających na ekstrakcję subtelnych wzorców dynamiki ukrytych w szumie pomiarowym.</p> <p>Z uwagi na brak ogólnych rozwiązań analitycznych dla nieliniowych równań stochastycznych, projekt opiera się na zaawansowanym modelowaniu</p>	<p><b>Brief description of research assumptions and goals</b></p> <p>The application of the patch-clamp technique enables the recording of elementary charge transport processes through single ion channels with picoampere resolution. Although gating dynamics are traditionally described using discrete Markov chains, these signals exhibit complex nonlinear features, such as long-range correlations and non-classical dwell-time statistics within functional states. This suggests the existence of continuous, stochastic conformational protein dynamics that are not fully captured by models with a finite number of states.</p> <p>The primary objective of this project is the development and theoretical analysis of mathematical channel gating models based on the formalism of Brownian dynamics within a confined potential. Utilizing nonlinear Langevin equations, we aim to construct a minimal physical model capable of faithful reconstruction of the biological signal. Key tasks include: (i) identifying potential parameters and dissipative mechanisms responsible for generating memory effects within the system, (ii) determining theoretical statistical distributions of open and closed state dwell-times as a function of energy barrier geometry, and (iii) developing classification algorithms for sub-conductance states to extract subtle dynamical patterns hidden within measurement noise.</p> <p>Due to the lack of general analytical solutions for nonlinear stochastic equations, the project relies on advanced numerical modelling. As part of the work, proprietary software leveraging the CUDA (GPGPU) architecture will be developed, allowing</p>





<p>numerycznym. W ramach pracy rozwijane będzie autorskie oprogramowanie wykorzystujące architekturę CUDA (GPGPU), co pozwoli na masowo równoległe symulacje trajektorii stochastycznych i efektywne przeszukiwanie przestrzeni parametrów modelu. Integracja z danymi eksperymentalnymi zostanie zrealizowana poprzez dedykowany potok przetwarzania danych w języku Python (Pandas, Numpy, Matplotlib, Tensorflow), zapewniając rygorystyczną walidację modeli teoretycznych względem rzeczywistych sygnałów biologicznych.</p>	<p>for massively parallel simulations of stochastic trajectories and efficient exploration of the model's parameter space. Integration with experimental data will be implemented through a dedicated data processing pipeline in Python (Pandas, Numpy, Matplotlib, Tensorflow), ensuring rigorous validation of theoretical models against real-world biological signals.</p>
<p><b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b> Planowany wkład w rozwój dyscypliny koncentruje się na przełamaniu paradygmatu dyskretnych opisów markowowskich poprzez wprowadzenie ciągłego formalizmu dynamiki stochastycznej do opisu mechanizmów bramkowania kanałów jonowych. Praca wniesie nową jakość do biofizyki teoretycznej poprzez wykazanie, że złożone zjawiska czasowe i korelacje długozasięgowe obserwowane w sygnałach biologicznych mogą być naturalną konsekwencją dyfuzji wewnątrzcząsteczkowej w nieliniowych polach sił, co rzuca nowe światło na termodynamikę białek błonowych. W wymiarze metodologicznym rozprawa dostarczy innowacyjnych narzędzi numerycznych opartych na wysokowydajnych obliczeniach równoległych GPGPU, które umożliwią badaczom symulowanie procesów stochastycznych z niespotykaną dotąd precyzją i skalą. Finalnie, opracowane algorytmy klasyfikacji i analizy statystycznej pozwolą na bardziej rygorystyczną interpretację danych eksperymentalnych typu patch-clamp, oferując nowe metody ekstrakcji informacji o ukrytych stanach funkcjonalnych, co bezpośrednio wpłynie na rozwój diagnostyki biofizycznej i zrozumienie molekularnych podstaw chorób związanych z kanałami jonowymi.</p>	<p><b>Planned contribution to the development of the discipline</b> The planned contribution to the discipline focuses on shifting the paradigm from discrete Markovian descriptions toward a continuous stochastic dynamics formalism for describing ion channel gating mechanisms. This work will bring a new quality to theoretical biophysics by demonstrating that the complex temporal phenomena and long-range correlations observed in biological signals can be a natural consequence of intramolecular diffusion within nonlinear force fields, shedding new light on the thermodynamics of membrane proteins. Methodologically, the dissertation will provide innovative numerical tools based on high-performance GPGPU parallel computing, enabling researchers to simulate stochastic processes with unprecedented precision and scale. Finally, the developed classification and statistical analysis algorithms will allow for a more rigorous interpretation of patch-clamp experimental data, offering new methods for extracting information about hidden functional states, which will directly impact the development of biophysical diagnostics and the understanding of the molecular basis of channelopathies.</p>
<p><b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b> Kandydat powinien posiadać ugruntowaną wiedzę z fizyki statystycznej, teorii procesów stochastycznych oraz biofizyki molekularnej. Kluczowe jest zrozumienie dynamiki Browna,</p>	<p><b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b> The candidate should possess a solid background in statistical physics, stochastic processes, and molecular biophysics. A thorough understanding of Brownian dynamics, Langevin equations, and</p>





równań Langevina oraz mechanizmów transportu jonowego w kanałach białkowych, co pozwoli na swobodne łączenie abstrakcyjnych modeli matematycznych z rzeczywistymi zjawiskami biologicznymi i elektrofizjologicznymi rejestrowanymi techniką patch-clamp.

Wymagana jest biegłość w programowaniu naukowym w języku Python oraz umiejętność implementacji algorytmów numerycznych. Niezbędna jest zdolność do pracy z architekturą CUDA w celu optymalizacji obliczeń na GPU oraz doświadczenie w zaawansowanej analizie szeregów czasowych, obejmującej ekstrakcję sygnału z szumu i statystyczną walidację modeli względem danych eksperymentalnych.

Kandydat musi cechować się wysoką samodzielnością badawczą, determinacją w rozwiązywaniu problemów obliczeniowych oraz zdolnością do pracy na pograniczu dyscyplin. Oczekuje się umiejętności klarownej komunikacji naukowej w języku angielskim oraz dbałości o rzetelność i transparentność metodologiczną, zgodnie ze standardami otwartej nauki i odtwarzalności wyników.

mechanisms of ionic transport in protein channels is essential, enabling the candidate to seamlessly link abstract mathematical models with real biological and electrophysiological phenomena recorded using the patch-clamp technique.

Proficiency in scientific programming in Python and the ability to implement numerical algorithms are required. Experience in working with CUDA architectures for GPU-based computational optimisation is essential, as is expertise in advanced time-series analysis, including signal extraction from noise and statistical validation of models against experimental data.

The candidate must demonstrate a high level of research independence, determination in solving computational problems, and the ability to work at the interface of multiple disciplines. Clear scientific communication skills in English are expected, along with a strong commitment to methodological rigor and transparency, in accordance with the principles of open science and reproducible research.





Nauki fizyczne temat nr 19	Physical sciences topic No. 19
<b>Symetria izospinowa w reakcjach <math>\pi^+/\pi^- + C</math> w oparciu o dane zebrane w eksperymencie NA61/SHINE SPS, CERN</b>	<b>Isospin Symmetry in <math>\pi^+/\pi^- + C</math> Reactions Based on Data Collected by the NA61/SHINE Experiment at the CERN SPS</b>
PhD supervisor: <b>dr hab. Seweryn Kowalski, prof. UŚ</b>	
<b>Krótką charakterystyką założeń i celów badawczych</b> Eksperyment NA61/SHINE, realizowany w CERN SPS, wykorzystuje wielozadaniowy spektrometr stałotarczowy przeznaczony do pomiarów naładowanych hadronów. Jego program badawczy obejmuje zarówno studia oddziaływań silnych, jak i pomiary referencyjne na potrzeby fizyki neutrin oraz promieniowania kosmicznego. Dane dotyczące produkcji pionów zostały zebrane w 2024 roku i stanowią istotny wkład w realizację programu fizyki oddziaływań silnych eksperymentu. Podstawowym celem tych pomiarów jest precyzyjne badanie łamania symetrii izospinowej. Piony są jednymi z najbardziej czułych nośników informacji o efektach izospinowych, a pomiary różnic pomiędzy produkcją $\pi^+$ i $\pi^-$ w różnych układach zderzeń, w tym w zderzeniach lekkich jonów, są kluczowe dla ilościowego opisu tych zjawisk. Uzyskane dane umożliwiają weryfikację nieoczekiwane silnych efektów łamania symetrii izospinowej, zaobserwowanych wcześniej przez NA61/SHINE, m.in. w produkcji kaonów, oraz pozwalają sprawdzić, czy podobne mechanizmy występują również w sektorze pionowym.	<b>Brief description of research assumptions and goals</b> The NA61/SHINE experiment, carried out at the CERN SPS, employs a multipurpose fixed-target spectrometer designed for measurements of charged hadrons. Its physics program includes both studies of strong interactions and reference measurements for neutrino and cosmic-ray physics. Data on pion production were collected in 2024 and constitute an important contribution to the strong-interaction physics program of the experiment. The primary objective of these measurements is a precise investigation of isospin symmetry breaking. Pions are among the most sensitive probes of isospin-related effects, and measurements of differences between $\pi^+$ and $\pi^-$ production in various collision systems, including light-ion collisions, are essential for a quantitative description of these phenomena. The collected data enable a verification of unexpectedly strong isospin symmetry breaking effects previously observed by NA61/SHINE, notably in kaon production, and allow an assessment of whether similar mechanisms are also present in the pion sector.
<b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b> Planowana rozprawa doktorska wniesie istotny wkład w rozwój fizyki jądrowej i cząstek elementarnych poprzez dostarczenie nowych, wysokiej precyzji wyników dotyczących symetrii izospinowej w reakcjach $\pi^+/\pi^- + C$ przy energiach SPS. Praca oparta na danych zebranych w eksperymencie NA61/SHINE pozwoli na ilościową analizę różnic w produkcji pionów o przeciwnych	<b>Planned contribution to the development of the discipline</b> The planned doctoral dissertation will make a significant contribution to nuclear and particle physics by providing new, high-precision results on isospin symmetry in $\pi^+/\pi^- + C$ reactions at SPS energies. Based on data collected by the NA61/SHINE experiment, the thesis will enable a quantitative analysis of differences in the





<p>ładunkach, stanowiących jedno z najbardziej czułych obserwabli efektów izospinowych w oddziaływaniach silnych.</p> <p>Uzyskane rezultaty umożliwią niezależną weryfikację i rozszerzenie wcześniejszych obserwacji nieoczekiwanie silnego łamania symetrii izospinowej, wcześniej stwierdzonego m.in. w sektorze kaonowym. Tym samym praca przyczyni się do lepszego zrozumienia mechanizmów odpowiedzialnych za łamanie symetrii izospinowej w oddziaływaniach silnych oraz do określenia ich zależności od rodzaju cząstki i układu zderzeń.</p> <p>Rozprawa dostarczy również istotnych danych referencyjnych dla modeli teoretycznych i transportowych opisujących zderzenia hadron–jądro i jądro–jądro w zakresie energii SPS, umożliwiając ich testowanie i dalszy rozwój. W szerszym kontekście wyniki pracy wzmocnią bazę eksperymentalną wykorzystywaną w badaniach materii silnie oddziałującej oraz znajdą zastosowanie w obszarach powiązanych, takich jak fizyka neutrin i promieniowania kosmicznego, co podkreśla interdyscyplinarny charakter wkładu rozprawy w rozwój dyscypliny fizyka.</p>	<p>production of oppositely charged pions, which are among the most sensitive observables of isospin-related effects in strong interactions.</p> <p>The obtained results will allow an independent verification and extension of previously observed unexpectedly strong isospin symmetry breaking, reported earlier by NA61/SHINE, in particular in the kaon sector. In this way, the work will contribute to a deeper understanding of the mechanisms responsible for isospin symmetry breaking in strong interactions and to clarifying their dependence on the particle species and collision system.</p> <p>The dissertation will also provide important reference data for theoretical and transport models describing hadron–nucleus and nucleus–nucleus collisions at SPS energies, supporting their validation and further development. In a broader context, the results will strengthen the experimental foundation for studies of strongly interacting matter and will be relevant for related fields such as neutrino and cosmic-ray physics, highlighting the interdisciplinary impact of the thesis on the development of the discipline of physics.</p>
<p><b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b></p> <p>Podstawowa znajomość fizyki jądrowej i statystyki oraz umiejętność podstawowego programowania w języku C++.</p>	<p><b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b></p> <p>Basic knowledge of nuclear physics and statistics, as well as the ability to perform basic programming in C++.</p>





Nauki fizyczne temat nr 20	Physical sciences topic No. 20
<b>Transport materii pasywnej i aktywnej w układach złożonych</b>	<b>Driven transport of passive and active matter in complex environments</b>
PhD supervisor: <b>dr hab. Jakub Spiechowicz, prof. UŚ</b> <a href="https://zft.us.edu.pl/index.php/people/13-staff/35-mgr-jakub-spiechowicz">https://zft.us.edu.pl/index.php/people/13-staff/35-mgr-jakub-spiechowicz</a>	
<b>Krótką charakterystyka założeń i celów badawczych</b> Zafascynowani złożonością i niewielkimi rozmiarami żywej komórki, w proponowanym projekcie chcemy zbadać transport materii pasywnej i aktywnej w układach złożonych. Transport wewnątrzkomórkowy jest realizowany przez maleńkie białka zwane motorami molekularnymi (np. kinezyzna), które poruszają się wzdłuż mikrotubul, czyli przestrzenie periodycznych, polimeryzowanych włókien. Są to silniki izotermiczne, działające z dala od stanu równowagi termodynamicznej, ale swoją sprawnością wciąż przewyższają każdą maszynę, którą jesteśmy w stanie wyprodukować. Będziemy je modelować za pomocą uogólnionego stochastycznego równania całkowo-różniczkowego Langevina jako motory Brownowskie, a mianowicie klasyczną cząstkę Browna oddalone od stanu równowagi termodynamicznej, poruszającą się w przestrzenie periodycznym potencjale. W szczególności skupimy się na indywidualnym i zbiorowym wpływie (i) bezwładności; (ii) lepkości ośrodka, pamięci hydrodynamicznej i korelacji szumu termicznego; (iii) nieGaussowskich nierównowagowych fluktuacji aktywnych; na właściwości transportowe, a także sprawność termodynamiczną badanego układu. Głównym celem naukowym proponowanego projektu jest zastosowanie metod współczesnej teoretycznej fizyki statystycznej do pogłębienia naszej obecnej wiedzy na temat transportu nierównowagowego w układach złożonych, a także opracowanie nowych strategii jego kontroli i nowatorskich zastosowań. W tym celu przeanalizujemy np. prędkość średnią, fluktuacje	<b>Brief description of research assumptions and goals</b> Fascinated by the complexity and smallness of the living cell in the proposed project we want to study driven transport of passive and active matter in complex environments. The intracellular transport in this highly sophisticated system is powered by tiny proteins known as molecular motors (e.g. a kinesin) which move along the microtubules that are spatially periodic polymerized filaments. They are isothermal engines working far away from thermodynamic equilibrium but still outperform any machine which we are able to manufacture. We will model them in terms of the generalized Langevin stochastic integro-differential equation as Brownian motors, namely, classical Brownian particles far away from thermodynamic equilibrium traveling in a spatially periodic potential. In particular, we will focus on the individual and collective impact of (i) inertia; (ii) viscoelasticity of the solvent, hydrodynamic memory and correlations of thermal noise; (iii) non-Gaussian nonequilibrium active fluctuations; on transport properties as well as thermodynamic efficiency of the studied systems. The main scientific goal of the proposed project is to apply methods of modern theoretical statistical physics to push further our current understanding of nonequilibrium transport in complex environments as well as to develop its new control strategies and novel applications. For this purpose we will analyze e.g. the average velocity, velocity fluctuations, kinetic energy, thermodynamic efficiency of the energy conversion as well as violation of the fluctuation-dissipation and energy equipartition theorem.





<p>prędkości, energię kinetyczną, sprawność termodynamiczną konwersji energii, a także naruszenie twierdzenia o fluktuacji-dysypacji i ekwipartycji energii.</p> <p>Nasze wyniki teoretyczne mogą zostać zweryfikowane eksperymentalnie w wielu różnych układach fizycznych. Po pierwsze, obecnie możliwe jest przeprowadzanie eksperymentów in vitro bezpośrednio na motorach biologicznych, takich jak kinezyzna lub dyneina. Po drugie, proponowany model posiada wiele czysto sztucznych implementacji. W szczególności najważniejsze są złącza Josephsona i ich układy (SQUID), cząstki koloidalne znajdujące się w okresowych potencjałach generowanych przez światło laserowe oraz zimne atomy w sieciach optycznych.</p>	<p>Our theoretical results may be validated experimentally in many different physical systems. Firstly, nowadays it is possible to perform in vitro experiments directly on single-molecule motors such as a kinesin or dynein. Secondly, the proposed model possesses many purely artificial implementations. In particular, the most important are Josephson junctions and their systems (SQUIDs), colloidal particles dwelling in periodic potentials created by laser light fields and cold atoms in optical lattices.</p>
<p><b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b></p> <p>Badania planowane w ramach tego projektu pozwolą zmierzyć się z szeregiem fundamentalnych wyzwań w dziedzinie nierównowagowej fizyki statystycznej, termodynamiki i teorii transportu w skali mikro i nano. Z drugiej strony, projekt jest obiecujący również pod względem potencjalnych przyszłych zastosowań, takich jak efektywna strategia separacji materii pasywnej i aktywnej, a także projektowanie i wytwarzanie mikro- i nanosilników inspirowanych biologicznie.</p>	<p><b>Planned contribution to the development of the discipline</b></p> <p>Research planned in this project will allow to face a number of fundamental challenges in nonequilibrium statistical physics, thermodynamics and theory of transport in the micro and nanoscale domain. On the other hand this proposal is promising also in terms of its potential future applications such as efficient strategy for separating of passive and active matter as well as designing and fabricating biologically inspired micro and nano motors.</p>
<p><b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b></p>	<p><b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b></p>



<p>Nauki fizyczne temat nr 21</p>	<p>Physical sciences topic No. 21</p>
<p><b>Wpływ struktury na właściwości spintroniczne, termoelektryczne i magnetokaloryczne materiałów o strukturze regularnej</b></p>	<p>Impact of structure on spintronic, thermoelectric and magnetocaloric properties of materials with cubic structure</p>
<p>PhD supervisor: <b>dr hab. Jerzy Goraus, prof. UŚ</b>  <a href="https://ab.us.edu.pl/emp?id=42861">https://ab.us.edu.pl/emp?id=42861</a></p>	
<p><b>Krótką charakterystyką założeń i celów badawczych</b></p> <p>Badane materiały to stopy Heuslera, spinele oraz perowskity, czyli materiały o strukturze regularnej. Wiadomo, że spintroniczne właściwości są możliwe głównie dla stopów Heuslera o strukturze odwrotnej. Z wcześniejszych moich obliczeń teoretycznych wynika istnienie wyspy stabilności struktury odwrotnej (co udoskonala empiryczną regułę Burcha znaną od kilku dekad). Pierwszym celem będzie zbadanie eksperymentalne istnienia tej wyspy stabilności struktury odwrotnej (potwierdzenie lub obalenie przewidywań teoretycznych). Drugim celem jest zbadanie możliwości istnienia analogów bardziej złożonych struktur, wśród układów o strukturze bazowej. Na przykład wiadomo że istnieją podwójne perowskity. Odkryto również podwójne stopy pół-Heuslera (ang. double Half Heusler Alloys) o dobrych właściwościach termoelektrycznych. Czy podobne warianty nadstruktury są możliwe dla pełnych stopów Heuslera lub spineli? Jak takie nadstruktury można eksperymentalnie zaobserwować, w sposób inny niż w badaniach metodą dyfrakcji proszkowej. Jak zmienia się widmo fononowe i w konsekwencji ciepło właściwe? Jaki wpływ na preferowaną strukturę mają ładunki Mullikena na poszczególnych atomach? Jakie nowe prawidłowości można zauważyć w wynikach seryjnych obliczeń DFT? W jakim stopniu przewidywane właściwości magnetyczne, na podstawie obliczeń opartych o DFT odpowiadają eksperymentalnym obserwacjom. W zależności od wcześniejszej wiedzy i preferencji, doktorant może zajmować się</p>	<p><b>Brief description of research assumptions and goals</b></p> <p>The materials under investigation are Heusler alloys, spinels, and perovskites - materials with a cubic structure. It is established that spintronic properties are mostly possible for Heusler alloys with an inverse structure. My previous theoretical calculations indicate the existence of an inverse structure 'stability island' (which refines the empirical Burch rule known for several decades). The first objective is to experimentally investigate the existence of this inverse structure stability island (confirming or rejecting theoretical predictions). The second objective is to explore the potential existence of analogs of more complex structures within systems possessing the base structure. For instance, it is known that double perovskites exist. Double Half-Heusler alloys with favorable thermoelectric properties have also been discovered.</p> <p>Are similar superstructure variants possible for full Heusler alloys or spinels? How can such superstructures be observed experimentally using methods other than powder diffraction? How do the phonon spectrum and, consequently, the specific heat change? What influence do Mulliken charges on individual atoms have on the preferred structure? What new patterns can be observed in the results of systematic DFT calculations? To what extent do the magnetic properties predicted by DFT-based calculations correspond to experimental observations? Depending on earlier knowledge and preferences the PhD student can perform either experimental investigations or</p>

<p>badaniami eksperymentalnymi lub badaniami teoretycznymi (opartymi o symulacje DFT i różne modele zjawisk fizycznych).</p>	<p>theoretical calculations (like DFT or model calculations).</p>
<p><b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b></p> <p>Reguła Burcha określa w sposób empiryczny kiedy w związkach Heuslera o wzorze ogólnym X<sub>2</sub>YZ tworzy się struktura odwrotna. Ma ona prosty charakter, biorący pod uwagę nominalny ładunek danego pierwiastka. Jeżeli liczba atomowa pierwiastka Y jest większa niż pierwiastka X, to tworzy się struktura odwrotna. Została ona zapostulowana dla metali przejściowych z bloku 3d. Wiadomo z wcześniejszych badań eksperymentalnych, że nie zawsze jest ona spełniona. Moje obecne obliczenia DFT sugerują, że istnieją wyspy stabilności fazy odwrotnej i sytuacja nie jest taka prosta jak w tej empirycznej regule. Jednym z celów (i wkładem do zrozumienia problemu) będzie odkrycie jakie reguły rządzą powstawaniem tych wysp stabilności, i czy analogi tej reguły istnieją dla bloku 4d oraz 5d? Ponadto będą prowadzone badania możliwych nadstruktur związków o strukturze stopu Heuslera, spineli lub perowskitu. Zarówno wśród związków Heuslera, jak i wśród spineli oraz perowskitów wiele związków ma strukturę elektronową umożliwiającą powstanie materiałów o możliwych zastosowaniach spintronicznych (określanych w literaturze jako Half-Metallic Ferromagnet, Spin Gapless Semiconductor). Tego rodzaju materiały mają też często dobre właściwości termoelektryczne lub magnetokaloryczne. Różne sposoby agregacji i analizy danych mogą również pozwolić na odkrycie nowych reguł i prawidłowości na podstawie wyników seryjnych obliczeń opartych o teorię DFT. W literaturze przedmiotu, właściwości magnetyczne związków Heuslera na ogół są wyjaśniane przez prostą regułę Slater-Paulinga. Na podstawie wyników moich wcześniejszych seryjnych obliczeń DFT, wiem że stanowi to zbyt daleko idące uproszczenie. Tu również, analiza procesów rządzących magnetyzmem i wpływu struktury na te właściwości może dostarczyć wielu nowych wyników.</p>	<p><b>Planned contribution to the development of the discipline</b></p> <p>Burch's rule empirically determines when the inverse structure forms in Heusler compounds with the general formula X<sub>2</sub>YZ. It is straightforward in nature, based on the nominal charge of a given element. Specifically, if the atomic number of element Y is greater than that of element X, the inverse structure is formed. This rule was originally postulated for transition metals in the 3d block. However, prior experimental research indicates that it is not always obeyed. My current DFT calculations suggest the existence of 'stability islands' for the inverse phase, indicating that the situation is more complex than the empirical rule implies. One of the primary objectives (and a contribution to understanding this problem) is to uncover the rules governing the formation of these stability islands and to determine whether analogues of this rule exist for the 4d and 5d blocks. Furthermore, research will be conducted on possible superstructures of compounds possessing Heusler, spinel, or perovskite structures. Among Heusler compounds, spinels, and perovskites, many possess an electronic structure that enables the creation of materials with potential spintronic applications (referred to in the literature as Half-Metallic Ferromagnets or Spin Gapless Semiconductors). These types of materials often exhibit favorable thermoelectric or magnetocaloric properties. Various methods of data aggregation and analysis may also allow for the discovery of new rules and patterns based on the results of systematic DFT calculations. In the subject literature, the magnetic properties of Heusler compounds are generally explained by the simple Slater-Pauling rule. Based on the results of my previous systematic DFT calculations, I consider this an oversimplification. Here too, an analysis of the processes governing magnetism and the influence of structure on these properties may yield many new results.</p>



**Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata**

Ogólna wiedza z fizyki ciała stałego/inżynierii materiałowej/chemii. Znajomość linuxa i skryptów basha będzie pomocna w przypadku bardziej teoretycznych badań.

**Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate**

General solid state physics/materials science/chemistry knowledge. Knowledge of Linux and bash scripting will be helpful in case of more theoretical approach.





Nauki fizyczne temat nr 22	Physical sciences topic No. 22
<b>Wyznaczanie parametrów oscylacji neutrin - analiza danych neutrin atmosferycznych i z wiązki w eksperymencie T2K</b>	<b>Determination of neutrino oscillation parameters - analysis of atmospheric and beam neutrino data in the T2K experiment</b>
PhD supervisor: <b>dr hab. Arkadiusz Bubak, prof. UŚ</b>	
<b>Krótką charakterystyka założeń i celów badawczych</b> Celem projektu jest precyzyjny pomiar parametrów oscylacji neutrin, takich jak kąt mieszania, różnica kwadratów mas oraz faza łamiąca symetrię CP, a także wyznaczenie hierarchii ich mas. Badania opierają się na analizie danych neutrin atmosferycznych i akceleratorowych w ramach eksperymentu T2K. Praca ta ma kluczowe znaczenie dla wyjaśnienia asymetrii między materią a antymaterią we Wszechświecie poprzez rozwiązanie problemu wzajemnej zależności między fazą naruszającą symetrię a hierarchią mas neutrin. Plan prac przewiduje wykorzystanie nowych próbek danych, zastosowanie uczenia maszynowego do rekonstrukcji zdarzeń oraz przeprowadzenie zaawansowanego dopasowania danych w dedykowanym środowisku programistycznym.	<b>Brief description of research assumptions and goals</b> The project aims to precisely measure neutrino oscillation parameters, including the mixing angle, the mass squared difference, and the CP symmetry-violating phase, while determining the neutrino mass ordering. This is achieved through an analysis of atmospheric and beam neutrino data within the T2K experiment. The research is essential for understanding the matter-antimatter asymmetry in the Universe by addressing the dependency between the CP symmetry-violating phase and mass ordering. The work plan involves incorporating new data samples, employing machine learning for event reconstruction, and performing an advanced joint fit within a specialized analysis framework.
<b>Planowany wkład w rozwój dyscypliny</b> Projekt wniesie istotny wkład w fizykę cząstek poprzez precyzyjne wyznaczenie parametrów oscylacji neutrin oraz określenie hierarchii ich mas. Kluczowym osiągnięciem będzie przełamanie degeneracji między fazą naruszającą symetrię a porządkiem mas, co pozwoli lepiej zrozumieć asymetrię materii we Wszechświecie oraz mechanizmy generowania mas cząstek elementarnych. Badania wprowadzą nowoczesne techniki uczenia maszynowego do rekonstrukcji zdarzeń, tworząc bazę narzędziową dla eksperymentów nowej generacji. Zostanie wzmocniony potencjał naukowy Uniwersytetu Śląskiego i zwiększy jego międzynarodową	<b>Planned contribution to the development of the discipline</b> This project advances particle physics by delivering precise measurements of neutrino oscillation parameters and establishing the neutrino mass ordering. By breaking the degeneracy between the CP symmetry-violating phase and neutrino mass hierarchy, the research provides insights into the Universe's matter-antimatter asymmetry and fundamental mass generation. The implementation of innovative machine learning techniques for event reconstruction will serve as a vital foundation for upcoming next-generation experiments. Furthermore, the project expands the research capabilities of the University of Silesia,





<p>rozpoznawalność w eksperymentalnej fizyce cząstek elementarnych.</p>	<p>significantly enhancing its international visibility within the global scientific community.</p>
<p><b>Opis wymagań – wiedza, umiejętności i kompetencje społeczne kandydata</b> Kandydat musi posiadać tytuł magistra fizyki lub stopień równorzędny (Master's degree in Physics or equivalent), najlepiej ze specjalizacją w fizyce wysokich energii lub cząstek elementarnych. Wymagana jest biegła znajomość języka angielskiego, biegłość w programowaniu (C++ i Python) oraz praktyczna znajomość pakietu ROOT. Z uwagi na charakter prac, od kandydata oczekuje się umiejętności zarządzania wieloma zadaniami jednocześnie oraz sprawnej pracy zespołowej w ramach międzynarodowych kolaboracji naukowych. Kluczowe jest zaangażowanie w rozwój nowoczesnych narzędzi analitycznych i statystycznych niezbędnych do osiągnięcia celów projektu.</p>	<p><b>Description of requirements – knowledge, skills and social competences of the candidate</b> The candidate must hold a Master's degree in Physics or an equivalent graduate-level qualification (e.g., MSc, MPhys, or EQF Level 7), preferably with a specialization in high-energy or particle physics. Fluency in English, proficiency in C++ and Python programming, and working knowledge of the ROOT framework are required. Due to the project's intensity, the candidate is expected to handle multiple tasks simultaneously and collaborate effectively within international scientific research groups. A strong commitment to developing the analytical and statistical tools necessary for the project's success is essential.</p>

