

Księga Abstraktów

Konferencja Studencka physics-STRONG

15-17 maja 2026 r.

Spis treści

1	Wstęp	3
2	Referaty	3
2.1	Fizyka medyczna/biofizyka	3
	Zmiany w cytoszkielecie aktynowym i strukturach adhezyjnych komórek NIH 3T3 i U2OS indukowane inhibitorami cytoszkieletu aktynowego	3
	Wpływ oddziaływania mikrosfer lateksowych z fibroblastami na ich cytoszkielet aktynów.	4
	Wpływ pola elektrycznego na kiełkowanie rośliny	4
	Analiza i przetwarzanie sygnału EKG w środowisku MATLAB: wyznaczanie parametrów fizjologicznych i wizualizacja danych	5
	Wpływ promieniowania na warstwę celulozy bakteryjnej zsyntezowanej przez konsorcjum kombucha	5
	Wpływ zasięgu pozytonów na rekonstrukcję obrazu w badaniach PET z użyciem ^{18}F i ^{44}Sc	6
2.2	Fizyka ciała stałego	6
	Szczotki polimerowe funkcjonalizowane ferrocenem jako urządzenia memrystywne	6
	Warstwowe urządzenie hybrydowe wykazujące efekt pamięci	7
	Efekt zbliżeniowy w nanodrutach Majorany	8
	Budowa i charakterystyka elektrolitowo sterowanych tranzystorów polowych.	8
	Optymalizacja geometryczna anten plazmonicznych w celu strojenia wzmocnienia natężenia pola elektrycznego w szczelinach nanometrowych	9
	Eliptyczne kropki kwantowe w heterostrukturze $\text{MoSe}_2\text{-WSe}_2$	9
	Ekscytony w potencjałach moiré	10
2.3	Fizyka teoretyczna/obliczeniowa	11
	Zastosowanie metod uczenia maszynowego w procesie identyfikacji leptonów w danych eks- perymentu ATLAS	11
	Fragmentacja przestrzeni Hilberta w ujęciu metod spektralnych z teorii grafów	11
	The Mpemba Effect: A Cluster Simulation via the Ising Model	12
	Neutral, cationic, and anionic alkali-metal and alkaline-earth-metal monohydrides: Inte- raction potentials, dipole moments, and rovibrational structure	12
	Excited electronic states of the helium dimer including adiabatic, relativistic, and quantum electrodynamics effects	13
	Kwantowe "tarcie": Lokalizacja Andersona jako mechanizm tłumienia oscylacji Blocha	13
	Badanie dynamiki rynków finansowych poprzez pryzmat teorii systemów złożonych. Ana- liza struktur fraktalnych w szeregach czasowych cen giełdowych przy użyciu algoryt- mów detrendingowych.	14

2.4	Fizyka jądrowa / środowiskowa	14
	Depozycja izotopu ^{137}Cs w zróżnicowanym środowisku Islandii	14
	Badanie zanieczyszczeń atmosferycznych w Krakowie na podstawie analizy składu śniegu	14
	Analiza stężenia uranu w eksponatach muzealnych metodą spektrometrii promieniowania	
	gamma.	15
2.5	Fizyka doświadczalna	15
	Co w piwie piszczycy? Fizykochemiczna analiza akustyczna piwa	15
	Highly compact calorimeter for the LUXE experiment	16
2.6	Inżynieria	16
	Projekt PBL „Opracowanie organicznej struktury fotowoltaicznej opartej na ftalocyjani-	
	nach metali przejściowych i defektowo modyfikowanym SnOx wraz z budową dedyko-	
	wanego stanowiska pomiarowego do pomiarów I–V”	16
	How cheap can a radiation detector be? - Design of front-end readout electronics for pho-	
	todiode radiation detectors	17
	Konstrukcja i rozwój drona z elementami autonomii jako narzędzia pomiarowego w bada-	
	niach fizyki środowiska	17
	O tym jak zaprojektować silnik odrzutowy” - modelowanie termodynamiczno-przepływowe	
	silnika turbowentylatorowego	18
	Implementacja sieci Hopfielda na urządzeniach programowalnych	18
2.7	Astronomia	18
	From Turbulence to Large Scale Magnetic Fields: Analytical form of Electromotive Force	
	in Rotating Stars and Planets	18
	Konstrukcja teleskopu Newtona do badań terenowych	19
	Opracowanie uniwersalnego estymatora stosunku sygnału do szumu w ramach projektu	
	BHTOM	19
	Poznasz sensor po szumach jego – CMOS czy CCD? Odpowiedź na podstawie pomiarów.	
2.8	Technologie kwantowe / Optyka	20
	Pierwsze prace na Wrocławskim komputerze kwantowym Odra 5	20
	Formation and control of ultracold ytterbium dimers using optical transitions	21
	Fault-tolerant blind quantum computing under photon loss	22
	Quantum machine learning for cancer detection	22
3	Postery	23
3.1	Fizyka Ciała Stałego	23
	Badanie wytrzymałości na zarysowanie nanometrycznych metalicznych powłok wielowar-	
	stwowych	23
	Exploration of the Potential of Au and Ag Nanostructures for Advanced LSPR Gas/VOCs	
	Sensing	23
	Non-Cleanroom Fabrication of Graphene Flakes for van der Waals Heterostructures	24
	Materiał MXen i jego nowa modyfikacja	24
3.2	Inżynieria	25
	Fizyczna analiza strat i ograniczeń w technologiach wytwarzania i magazynowania energii	
3.3	Technologie Kwantowe / Optyka	25
	Sterowalne qubity w układach złącz Josephsona	25
	Teoria i proces naświetlania hologramów optycznych	26
	Simulations of spin decoherence and its mitigation in quantum dots	26
	Vectorized Quantum Amplitude Arithmetic	27

Analiza porównawcza tomograficznych metod rekonstrukcji stanu kwantowego i uczenia maszynowego	27
3.4 Fizyka Teoretyczna / Obliczeniowa	28
Finding the "Perfect Swish": Using a PINN to Optimise the Physics of a Basketball Shot .	28
Neural Networks for the Quantum Ground State: An NQS Approach to the 2D Transverse-Field Ising Model	29
Exploring Quantum Spin Liquid Phases in Frustrated Heisenberg Ladders: A DMRG Study	29
Topological phase transition from cyclic to tree structures in evolving transport networks	29
3.5 Astronomia	30
Star Localization via Deep Detection and Geometric Matching	30
Skrajności w krzywych blasku, czyli co fotometria mówi o Wszechświecie	30
3.6 Fizyka Jądrowa / Środowiskowa	30
Magnetyczny rezonans jądrowy w zerowym i niskim polu magnetycznym	30
Radiochemiczne oznaczanie uranu w wodach Islandii z zastosowaniem chromatografii ekstrakcyjnej i pomiarów ciekłoscyntylacyjnych (LSC)	31
Modelowanie transportu neutronów oraz generacji i depozycji cząstek alfa w układach warstwowych Be–C–Li	32
3.7 Fizyka medyczna / Biofizyka	32
Electron-induced fragmentation and ionization of saturated heterocyclic molecules investigated by electron-collision spectroscopy with quadrupole mass spectrometric detection	32
Od wzbudzenia molekularnego do fotochemii rodopsyny: Cząsteczka I jako model biofizyczny	32
Wpływ Kolchicyny i Paklitakselu na strukturę mikrotubul w komórkach nowotworowych U2OS	33

1 Wstęp

W niniejszym dokumencie znajdują się abstrakty wystąpień w trakcie 2. edycji Studenckiej Konferencji physics-STRONG odbywającej się na terenie Politechniki Gdańskiej na wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej.

Życzymy miłej lektury

Komitet Organizacyjny Konferencji Studenckiej physics-STRONG

2 Referaty

2.1 Fizyka medyczna/biofizyka

Zmiany w cytoszkielecie aktynowym i strukturach adhezyjnych komórek NIH 3T3 i U2OS indukowane inhibitorami cytoszkieletu aktynowego

Julia Urbaniak

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński

Cytoszkielecik aktynowy odgrywa kluczową rolę w utrzymaniu kształtu komórki, jej zdolności do migracji oraz tworzenia struktur adhezyjnych. Zaburzenia jego organizacji mogą wpływać na wiele procesów biologicznych. W związku z tym istotne jest poznanie wpływu inhibitorów cytoszkieletu aktynowego na strukturę filamentów aktynowych oraz miejsca adhezji. Celem pracy była wizualna ocena zmian w cytoszkielecie aktynowym oraz liczby miejsc adhezji w komórkach linii U2OS

oraz NIH 3T3 pod wpływem wybranych inhibitorów: (S)-blebbistatyny, cytochalazyny D oraz Y-27632. Komórki obu linii zostały transfekowane co umożliwiło wizualizację aktyny oraz paksyliny. Hodowano je w standardowych warunkach (37°C, 5% CO₂), a następnie wysiewano na szalki pokryte fibronektyną. Po krótkiej inkubacji komórki poddawano działaniu inhibitorów w określonych stężeniach i inkubowano przez 1 godzinę. Obrazowanie prowadzono przyżyciowo przy użyciu mikroskopu konfokalnego, rejestrując obrazy typu Z-stack wybranych komórek. Zaobserwowano wyraźne zmiany w strukturze cytoszkieletu aktynowego, w tym zaburzone formowanie włókien stresowych oraz zmniejszoną liczbę miejsc adhezji do podłoża w przypadku wszystkich zastosowanych inhibitorów. Efekty te były obecne w obu badanych liniach komórkowych, jednak silniejszy wizualnie efekt odnotowano w przypadku linii komórkowej U2OS. Uzyskane wyniki potwierdzają, że analizowane inhibitory istotnie zaburzają organizację cytoszkieletu aktynowego w komórkach U2OS i NIH3T3 i wpływają na miejsca adhezji. Stanowi to ważny punkt wyjścia dla dalszych badań nad rolą elementów cytoszkieletu i struktur adhezyjnych komórki w progresji nowotworów oraz potencjalnych kierunków terapii przeciwnowotworowych.

Wpływ oddziaływania mikrosfer lateksowych z fibroblastami na ich cytoszkielet aktynów.

Adriana Olbomska

Uniwersytet Jagielloński; Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej

Celem tej pracy była analiza wpływu interakcji lateksowych mikrosfer z mysimi embrionalnymi fibroblastami linii MEF 3T3 na organizację ich cytoszkieletu aktynowego. Badania te stanowią kontynuację prac opisanych w artykule [1] Adamczyk et al. (2021) gdzie opisano efekty oddziaływania mikrosfer lateksowych o średnicy 2 μm z komórkami MEF 3T3 na ich cytoszkielet aktynowy i mikrotubulowy. W niniejszej pracy zanalizowano korelację między rozmiarem mikrosfer (0,5 μm ; 1 μm ; 2 μm), czasem inkubacji (3 h, 12 h, 24 h) na cytoszkielet aktynowy komórek MEF 3T3. Organizacją cytoszkieletu obrazowano za pomocą mikroskopii konfokalnej, umożliwiającej jego wizualizację w 3D. Eksperymenty wykonano na komórkach fibroblastów wybarwionych na następujące komponenty komórkowe: jądro – DAPI, aktyna – falloidyna znakowana AlexaFluor488. Zastosowano mikrosfery o naturalnej fluorescencji, eliminując konieczność ich wybarwienia.

Wpływ pola elektrycznego na kiełkowanie rośliny

Magdalena Sawczuk¹, Alicja Ziętek¹, Anna Pomianek, Tymon Bochenek

¹ *Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, WEAiIB, SKNF "Bozon"*

Pole elektryczne jest zjawiskiem fizycznym nieodłącznie towarzyszącym nam w codziennym życiu, a jego wszechstronne zastosowanie wykracza poza ramy klasycznej fizyki. Choć koncepcję pola wprowadził Michael Faraday w połowie XIX wieku jako opis oddziaływania ładunków elektrycznych, z upływem czasu okazało się, że ma ono o wiele szersze znaczenie. W niniejszym badaniu sprawdzono, czy ekspozycja starych nasion pszenicy na działanie pola elektrycznego o natężeniu ok. 4,5 kV/cm może dać im drugie życie i zwiększyć ich efektywność procesów fizjologicznych. Przeprowadzone doświadczenia wykazały, że optymalny czas stymulacji (1 godzina) pozwolił na wyraźne zwiększenie zdolności kiełkowania – z poziomu 92% w próbie kontrolnej do 99%. Analiza wskaźników jakościowych również potwierdziła pozytywną korelację między czasem ekspozycji a dynamiką wzrostu. Odnotowano skrócenie średniego czasu kiełkowania oraz wzrost tempa wschodów, co świadczy o skutecznej aktywacji procesów fizjologicznych nasion. Wykorzystanie pola elektrycznego oferuje bezpieczną dla środowiska metodę uszlachetniania materiału siewnego, eliminując przy tym konieczność użycia substancji chemicznych. Biorąc pod uwagę globalne trendy ograniczania agrochemikaliów, technika ta ma potencjał, by stać się standardem w ekologicznym przetwórstwie rolnym.

Analiza i przetwarzanie sygnału EKG w środowisku MATLAB: wyznaczenie parametrów fizjologicznych i wizualizacja danych

Zofia Bryłowska

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza

Elektrokardiografia (EKG) stanowi jedno z podstawowych narzędzi diagnostycznych w fizyce medycznej, umożliwiając analizę aktywności elektrycznej serca oraz wyznaczenie kluczowych parametrów fizjologicznych. W ostatnich latach rośnie znaczenie narzędzi umożliwiających cyfrowe przetwarzanie sygnałów biomedycznych, zarówno w badaniach naukowych, jak i zastosowaniach edukacyjnych. Celem pracy było opracowanie aplikacji w środowisku MATLAB służącej do analizy i przetwarzania sygnału EKG, niezależnie od sposobu jego akwizycji. System umożliwia wizualizację sygnału w czasie rzeczywistym oraz jego dalszą obróbkę, w tym filtrację i detekcję charakterystycznych elementów przebiegu. Na tej podstawie wyznaczane są podstawowe parametry fizjologiczne, takie jak częstość akcji serca (HR) oraz częstość oddechów (respiratory rate). Dodatkowo aplikacja została wyposażona w funkcję symulacji sygnału (fantom EKG), co pozwala na jej wykorzystanie niezależnie od układu pomiarowego i zwiększa jej funkcjonalność w warunkach demonstracyjnych. Rozszerzeniem systemu jest możliwość zapisu sygnału w formie graficznej, co znajduje zastosowanie w działaniach popularyzujących naukę. Opracowane narzędzie stanowi przykład uniwersalnego podejścia do analizy sygnałów bioelektrycznych, łączącego aspekty fizyczne, informatyczne i edukacyjne. Może być wykorzystywane zarówno jako platforma dydaktyczna, jak i punkt wyjścia do bardziej zaawansowanych analiz sygnałów EKG.

Wpływ promieniowania na warstwę celulozy bakteryjnej zsyntezowanej przez konsorcjum kombucha

Wiktoria Ilcyszyn¹, Kamil Awiuk¹, Agata Kołodziejczyk², Michał Silarski¹, Mateusz Kaczmarek¹

¹ *Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków*

² *Wydział Technologii Kosmicznych, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków*

Podczas lotów kosmicznych głównym zagrożeniem dla astronautów jest promieniowanie jonizujące, które prowadzi do uszkodzeń DNA i zwiększenia ilości reaktywnych form tlenu, co wpływa na procesy biologiczne. Obecnie wykorzystywane materiały antyradiacyjne są to związki organiczne, które są ciężkie, kruche oraz trudne do wytworzenia w środowisku izolowanym. W związku z tym największym wyzwaniem jest poszukiwanie biogenych, lekkich i funkcjonalnych materiałów antyradiacyjnych. Celuloza bakteryjna (BC, ang. bacterial cellulose) jest produkowana przez symbiotyczną kulturę bakterii i drożdży (SCOBY, ang. Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast) w procesie fermentacji kombuchy. Wyróżnia się wysoką czystością chemiczną, łatwością wytworzenia oraz zdolnością do modyfikacji powierzchni. W prezentowanej pracy przeprowadzono dwa główne eksperymenty: w pierwszym etapie przeprowadzono hodowlę BC w obecności promieniowania jonizującego w celu oceny jego wpływu na proces biosyntezy. W drugim eksperymencie zbadano wpływ promieniowania na wcześniej wyizolowaną celulozę bakteryjną. Do określenia zmian struktury chemicznej użyto spektroskopię w podczerwieni z tłumionym całkowitym wewnętrznym odbiciem (ATR-FTIR), spektroskopię fotoelektronów rentgenowskich (XPS) oraz spektrometrię mas jonów wtórnych z analizatorem czasu przelotu (TOF-SIMS). Dodatkowo w celu ustalania właściwości antyradiacyjnych przeprowadzono pomiary przenikalności promieniowania. Analiza widm ATR-FTIR oraz TOF-SIMS pozwoliła na ocenę stopnia zmian struktury chemicznej badanego materiału, w tym modyfikację grup funkcyjnych. Pomiary przenikalności promieniowania umożliwiły ocenę bezpośredniego zastosowania celulozy bakteryjnej jako materiału antyradiacyjnego. Niniejsza praca rozszerza

dotychczasowo przeprowadzone eksperymenty kosmiczne dotyczące biogennych materiałów, tj. BIO-MEX i MXene in LEO o perspektywę biomateriałów, jako materiałów radioochoonych oraz analizę ich zmian struktury chemicznej pod wpływem promieniowania jonizującego.

Wpływ zasięgu pozytonów na rekonstrukcję obrazu w badaniach PET z użyciem ^{18}F i ^{44}Sc

Anna Giebułtowska
Uniwersytet Jagielloński

Pozytonowa Tomografia Emisyjna (PET) umożliwia nieinwazyjne obrazowanie procesów metabolicznych, co jest kluczowe w diagnostyce onkologicznej. Technika ta wykorzystuje radiofarmaceutyki znakowane izotopami promieniotwórczymi ulegającymi rozpadowi β^+ . Emitowany pozyton anihiluje z elektronem w tkance, w wyniku czego powstają dwa kwanty gamma rejestrowane przez detektory.

Niniejsze badanie miało na celu ewaluację jakości obrazów PET uzyskiwanych przy użyciu dwóch radioizotopów: powszechnie stosowanego fluoru ^{18}F oraz zyskującego uznanie skandu ^{44}Sc . Analizie poddano efekt rozmycia obrazu wynikający z większego zasięgu pozytonów emitowanych przez wysokoenergetyczny skand. Zjawisko to może prowadzić do przeszacowania wielkości oraz agresywności małych zmian nowotworowych, co bezpośrednio wpływa na diagnozę lekarską.

W celu zbadania tego problemu zastosowano dwie metody. Pierwszą była autorska symulacja Toy Monte Carlo (ToyMC) napisana w języku Python. Program modelował emisję pozytonów w objętościach odpowiadających sferom fantomu NEMA IQ, uwzględniając normalizację rozkładu miejsc rozpadu. Zasięg pozytonów obliczano w dwóch wariantach: maksymalnym (wzór Katza-Penfolda) oraz średnim (według publikacji Cal-González). Wyniki symulacji porównano z danymi eksperymentalnymi uzyskanymi z prototypowego urządzenia Modular JPET przy użyciu fizycznego fantomu NEMA IQ wypełnionego wodą z roztworami ^{18}F i ^{44}Sc .

Wstępne wyniki wskazują na korelację między energią radioizotopu a stopniem rozmycia obrazu, szczególnie przy założeniu maksymalnego zasięgu anihilacji. Efekt ten jest mniej widoczny dla zasięgów średnich. Na obecnym etapie badań nie widać jeszcze konieczności stosowania dedykowanych korekt rekonstrukcji obrazu przy wykorzystaniu izotopów wysokoenergetycznych.

2.2 Fizyka ciała stałego

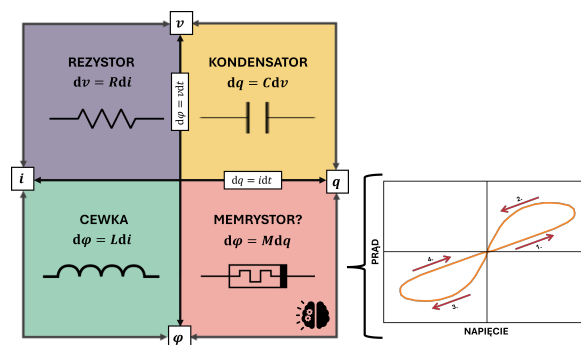
Szczotki polimerowe funkcjonalizowane ferrocenem jako urządzenia memrystywne

Witold Rudziński, Anna Kostecka, Wojciech Wieczorek, Julia Potempa, Natalia Gębarowska, Alina Kuśnierz, Tomasz Mazur, Konrad Szaciłowski, Michał Szuwarzyński

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Obecnie rozwój nanoelektroniki opartej na krzemie zbliża się do swoich fundamentalnych granic fizycznych, w których zjawiska kwantowe zaczynają zakłócać działanie urządzeń. Ponadto współczesne architektury komputerowe są dotknięte tzw. wąskim gardłem von Neumanna, w którym fizyczna separacja pamięci i jednostki przetwarzającej, w połączeniu z różnicą ich prędkości działania, prowadzi do znacznych strat energii podczas wielokrotnego przesyłu danych. W celu przewyższenia tych ograniczeń intensywnie badane są układy memrystorowe, których nazwa wywodzi się od pojęcia „pamięci oporu” (ang. memory of resistance), ze względu na ich potencjał do pełnienia funkcji sztucznych synaps oraz eliminowania wyżej wymienionych problemów. W niniejszym

referacie przedstawiono nowe podejścia wytwarzania memrystorów opartych na szczotkach polimerowych funkcjonalizowanych ferrocenem oraz ich charakteryzację. Warstwy aktywne syntezowane są na podłożach ze szkła pokrytego tlenkiem indowo-cynowym (ITO) z wykorzystaniem metody powierzchniowo inicjowanej rodnikowej polimeryzacji z przeniesieniem atomu (SI-ATRP), co umożliwia otrzymanie wysoko uporządkowanych struktur makrocząsteczkowych. Przeprowadzono charakterystykę strukturalną i elektryczną otrzymanych układów w celu zbadania ich budowy oraz właściwości przełączania rezystancyjnego.



Badania przeprowadzono w ramach grantu Sonata Bis 2021/42/E/ST4/00290 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

Warstwowe urządzenie hybrydowe wykazujące efekt pamięci

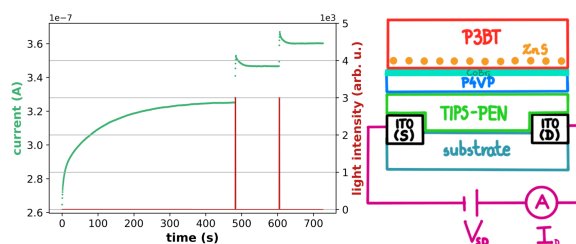
Nina Wieczerzyńska¹, Polska Julia Chudzik¹, Adam Żaba², Katarzyna Matras-Postołek², Jakub Rysz¹, Paweł Dąbczyński¹

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

² Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Warszawska 24, 31-155, Kraków,

Prezentowana praca koncentruje się na rozwijaniu nanoelektroniki opartej na związkach organicznych [1] poprzez stworzenie warstwowego urządzenia hybrydowego wykazującego efekt pamięci. Stworzone urządzenia składa się ze szklanego podłoża z litograficznie wytrawionymi elektrodami z ITO oraz warstwy wytworzone techniką spin-coatingu w następującej kolejności: TIPS-PEN (6,13-Bis(triizopropylsilyloetylo)pentacen, półprzewodnik typu p), P4VP (poli(4-winylopirydyna, izolator) sieciowany za pomocą CoBr₂, P3BT (poli(3-butylofieno-2,5-diylo), słaby półprzewodnik typu p) z dodatkiem nanocząstek ZnS (Rys. 1). Przeprowadzone pomiary chronoamperometryczne pokazały skokowy wzrost przewodnictwa w układzie, po naświetleniu próbki krótkim (2 s) impulsem światła o długości fali 530 nm (Rys. 1), który nie może być wyjaśniony przez wzbudzenie fotoprzewodnictwa w półprzewodniku i jego powolną relaksację. Dodatkowo, przewodnictwo układu zwiększa się z kolejnym impulsem światła i jest zapamiętane dzięki napięciu, o wartości 2 V, podawanym między elektrodami z ITO. Hipoteza powstania efektu pamięci oparta została o zjawisko absorpcji promieniowania w warstwie P3BT z późniejszym procesem pułapkowania elektronów w stanach pułpkowych polimeru oraz przekazu ładunku do nanocząstek ZnS, gdzie ładunki również mogą zostać pułpkowane. Efekt pułpkowania tworzy dodatkowe pole elektryczne, w warstwie TIPS-PEN, które efektywnie zwiększa przewodnictwo urządzenia w mechanizmie analogicznym do działania elektrody bramki w tranzystorze polowym (OFET). Analiza wyników uzyskanych z mikroskopii sił atomowych

(AFM) pozwoliły określić jakość, jednorodność oraz szorstkość każdej z deponowanych warstw. Profilowanie głębokościowe wykonane spektroskopią mas jonów wtórych z detektorem czasu przelotu (ToF-SIMS) potwierdziło warstwową strukturę urządzenia. Ponadto wykazało, że sieciowanie P4VP jest niezbędne do zachowania zakładanej struktury urządzenia, ponieważ powstający w ten sposób na powierzchni kompleks $(py)_2CoBr_2$ usztywnia warstwę, co przy zastosowaniu nieortogonalnego rozpuszczalnika w roztworze P3BT:ZnS względem P4VP zapobiega mieszanemu się ze sobą warstw w procesie spin-coating [2].



1. P. Dąbczyński, A. I. Pawłowska, A. M. Majcher-Fitas, O. Stefańczyk, A. Dłubacz, W. Tomczyk, M. M. Marzec, A. Bernasik, A. Budkowski, J. Rysz, *Appl Mater Today* 2020, 21, 100880
2. A. M. Majcher, P. Dąbczyński, M. M. Marzec, M. Ceglarska, J. Rysz, A. Bernasik, S. Ohkoshi, O. Stefańczyk, *Chem Sci* 2018, 7277.

Badania zostały przeprowadzone przy wykorzystaniu infrastruktury badawczej zakupionej ze środków Unii Europejskiej w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój, Działanie 4.2; Grant nr POIR.04.02.00-00-D001/20, „ATOMIN 2.0 – Nauka w skali ATOMowej dla INnowacyjnej gospodarki”.

Efekt zbliżeniowy w nanodrutach Majorany

Michał Armata

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza

W niniejszym referacie zostanie przedstawiony uproszczony, quasideuwymiarowy model numeryczny hybrydowego nanodrutu półprzewodnik-nadprzewodnik, w którym rolę nadprzewodnika pełni glin (Al), a półprzewodnika german (Ge). Rosnące zainteresowanie badaczy nanoinżynierią gazów dziurowych motywowane jest opinią, że to obiecujący krok ku konstrukcji topologicznych komputerów kwantowych opartych na kwazicząstkach Majorany. Badania tego rodzaju układów - zainicjowane pod kątem teoretycznym modelem łańcucha Kitaeva, a eksperymentalnym słynnym doświadczeniem z Delft (z 2012 roku) - opierały się dotychczas głównie na pasmach przewodnictwa takich materiałów jak InAs czy InSb.

W celu przeprowadzenia ilościowej analizy stanów elektronowych germanu zastosowano model Luttingera-Kohna, natomiast zjawisko nadprzewodnictwa opisano za pomocą hamiltonianu Bogolubowa-de Gennesa, stanowiącego bezpośredni wynik teorii BCS.

Uzyskane wyniki obejmują relacje dyspersji oraz hybrydyzację stanów elektronowych pomiędzy materiałami. Ponadto wyznaczono topologiczny diagram fazowy oraz zbadano zależność wielkości przerwy nadprzewodzącej od wybranych parametrów modelu.

Budowa i charakterystyka elektrolitowo sterowanych tranzystorów polowych.

Mateusz Piękoś¹, Karol Wolski², Jakub Rysz¹, Paweł Dąbczyński¹

¹ *Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński,*

² *Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński*

Elektrolitowo sterowane tranzystory polowe jest to nowa klasa tranzystorów, które w swojej budowie zawierają elektrolit sprzężony z warstwą półprzewodnika organicznego. Budowa ta pozwala na kontrole domieszkowania kanału przewodzenia poprzez wprowadzanie jonów zawartych w elektrolicie do jego wnętrza za pomocą przyłożonego potencjału bramki.

W celu scharakteryzowania takiego tranzystora wytworzono układ organicznego półprzewodnika R-P3HT [regioregularny poli-3-heksylotiofen] oraz stałego elektrolitu PSS [polistyreno sulfonian] poprzez sekwencyjny spin-coating tych materiałów na powierzchni ITO, które pełniło rolę bramki. Na górną warstwę naporowano elektrody ze złota, które pełniły rolę źródła oraz drenu.

Zmierzone charakterystyki prądowo-napięciowe działającego urządzenia wykazują zmniejszenie natężenia prądu przy rosnącym potencjale bramki, co potwierdza działanie urządzenia w reżimie zubożenia warstwy organicznego półprzewodnika [1]. Metody, które wykorzystano w celu charakteryzowania urządzenia to: Spektrometria Mas Jonów Wtórnych z czasem przelotu, Mikroskopia Sił Atomowych, Spektroskopia Ramana oraz Spektroskopia UV-Vis, które wykazały trwałą zmianę właściwości elektrooptycznych materiału kanału przewodzenia.

Optymalizacja geometryczna anten plazmonicznych w celu strojenia wzmocnienia natężenia pola elektrycznego w szczelinach nanometrowych

Julia Wójcik¹, Łukasz Ruba¹, Daria Babyn^{1,2}, Jakub Haberko¹, Kacper Pilarczyk¹

¹ *Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,* ² *Akademickie Centrum Materiałów i Nanotechnologii AGH*

Plazmonika, badająca oddziaływanie światła z kolektywnymi oscylacjami elektronów w metalach, umożliwia manipulację falami elektromagnetycznymi w skalach znacznie mniejszych niż ich długość. Zjawisko to stanowi fundament rozwoju nowoczesnych urządzeń optoelektronicznych, takich jak tranzystory jednoelektronowe (SET), gdzie kluczowe jest precyzyjne sterowanie lokalnymi polami elektromagnetycznymi, które pozwalają na kontrolę transportu pojedynczych elektronów. Głównym wyzwaniem pozostaje zaprojektowanie struktur zdolnych do ekstremalnej koncentracji energii w obszarach o nanometrycznych wymiarach. W niniejszej pracy przeprowadzono optymalizację geometrii złotych nanoanten typu „cut-wire” oraz „bow-tie” w celu maksymalizacji wzmocnienia pola elektrycznego przy fali w zakresie średniej podczerwieni. Wykorzystując symulacje metodą różnic skończonych w dziedzinie czasu (FDTD), zbadano wpływ parametrów strukturalnych, potwierdzając, że szerokość szczeliny jest głównym czynnikiem decydującym o intensywności powstałych „hot-spotów”. W oparciu o wyniki symulacji wytworzono prototypy struktur przy użyciu litografii elektronowej (EBL) i rozpylania magnetronowego. W fazie eksperymentalnej udało się uzyskać powtarzalne przerwy o szerokości 30 nm. Wyniki te stanowią solidną bazę dla rozwoju obecnych przyrządów opartych na złocie, co otwiera drogę dla przyszłych implementacji z wykorzystaniem materiałów szerokopasmowych, takich jak aluminium. Autorzy dziękują Witoldowi Skowrońskiemu za pomoc w procesach litografii elektroniowej (EBL). Autorzy wyrażają wdzięczność za możliwość korzystania z infrastruktury badawczej Akademickiego Centrum Materiałów i Nanotechnologii (ACMiN) Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Praca została sfinansowana przez Narodowe Centrum Nauki (nr grantu UMO-2024/55/D/ST3/02818).

Eliptyczne kropki kwantowe w heterostrukturze MoSe₂-WSe₂

Bartosz Liss

Politechnika Wroclawska

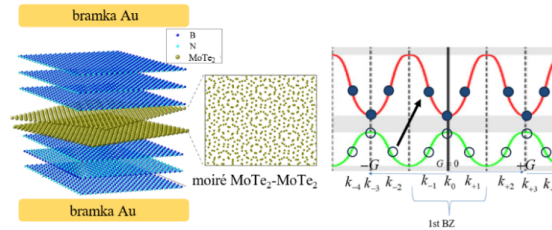
Wraz z rozwojem zaawansowanych metod wytwarzania heterostruktur 2D, urządzenia oparte na atomowo cienkich półprzewodnikach zdobyły dużą popularność. Dichalkogenki metali przejściowych stają się obiecującą platformą dla informatyki kwantowej. Materiały te wykazują zazwyczaj proste przerwy energetyczne, a ich właściwości optyczne są zdominowane przez kompleksy wielocząsteczkowe. Dzięki wiązaniu spinowo-dolinowemu mają one potencjał do realizacji qubitów o długim czasie koherencji. W pracy przedstawiam model qutritu dolinowego (3-stanowy odpowiednik qubitu) w elektrycznie strojonej heterostrukturze MoSe2-WSe2. Wykorzystując pionowe bramkowanie do strojenia ekstremów doliny, przesuвам minimum pasma przewodnictwa do 6-krotnie zdegenerowanej doliny Q. Następnie badam elektrostatycznie zdefiniowaną kropkę kwantową, w której dyskretne stany elektronów zachowują charakter dolinowy. Wykorzystując pole magnetyczne, izoluję 3 stany dolinowe, która są dalej kontrolowane przez elipsoidalne odkształcenie potencjału kropki.

Ekscytony w potencjałach moiré

Maja Walczak, dr Maciej Bieniek

Politechnika Wroclawska

Celem pracy jest budowa teorii ekscytonu w potencjale moiré, stworzonym poprzez skrócenie dwóch warstw MoTe [1] przy użyciu metod ab initio, ciasnego wiązania i oddziaływania konfiguracji. Potencjały moiré pozwalają na modyfikowanie właściwości wzbudzeń optycznych, umożliwiając m.in. ich lokalizację, kontrolę ich energii wiązania oraz zmianę reguł wyboru przejść optycznych. Punktem

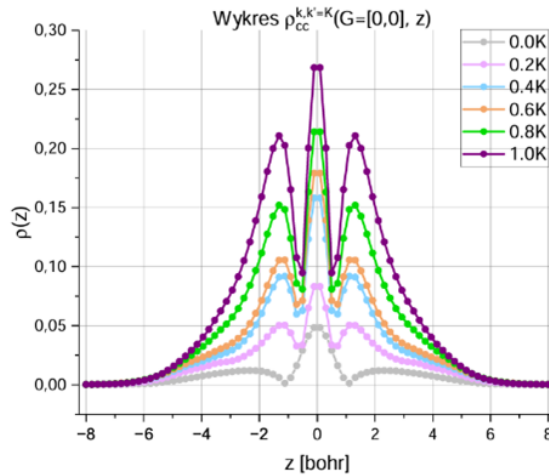


wyjścia niniejszego projektu jest opis struktury elektronowej monowarstw MoTe2 za pomocą teorii funkcjonału gęstości, która stanowi podstawę do konstrukcji modelu ciasnego wiązania [2]. Następnie, poprzez wprowadzenie dodatkowego potencjału moiré, odtworzony zostanie efekt drugiej warstwy MoTe2, modyfikujący wewnątrzwarstwowe energie pasm elektronowych i dziurowych.

W dalszej części przedstawiona zostanie konstrukcja wzbudzeń elektron – dziura, których oddziaływania prowadzą do równania Bethego–Salpetera na stany ekscytonowe [3]. Wzbudzenia te, skonstruowane początkowo dla monowarstwy, można klasyfikować za pomocą całkowitego pędu pary elektron – dziura. Standardowo pędy te tworzą izolowane podprzestrzenie pełnej przestrzeni Hilberta, które mieszają się jednak w obecności potencjałów łamiących symetrię translacyjną, w tym także potencjałów moiré. W ostatniej części zaprezentowana zostanie implementacja metody obliczającej stany własne ekscytonów z uwzględnieniem mieszania przestrzeni pędów całkowitych, co umożliwi wyznaczenie energii wiązania i funkcji falowych tzw. ekscytonów moiré. Podejście to pozwoli lepiej zrozumieć wpływ periodycznych modulacji moiré na odpowiedź optyczną materiałów zbudowanych ze skróconych monowarstw MoTe2, wykazujących fascynujące własności topologiczne.

Referencje:

1. Cai et al., Signatures of fractional quantum anomalous Hall states in twisted MoTe2, Nature 622, 63 (2023)



2. M. Bieniek, K. Sadecka, L. Szulakowska, P. Hawrylak, “Theory of Excitons in Atomically Thin Semiconductors: Tight-Binding Approach”, *Nanomaterials* 1582 (2022)
3. M. Bieniek, L. Szulakowska, and P. Hawrylak, „Band nesting and exciton spectrum in monolayer MoS2”, *Phys. Rev. B* 101, 125423 (2020)

2.3 Fizyka teoretyczna/obliczeniowa

Zastosowanie metod uczenia maszynowego w procesie identyfikacji leptonów w danych eksperymentu ATLAS

Szymon Gozdowski, Maciej Błaż

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza

Efektywna separacja sygnału od tła w zderzeniach ultraperyferyjnych (UPC) stanowi kluczowy element analizy danych w eksperymencie ATLAS. W referacie przedstawiamy autorski model klasyfikacyjny oparty na algorytmach uczenia nadzorowanego, dedykowany identyfikacji produktów rozpadu mezonów wektorowych. Wykorzystując wielowymiarową analizę cech kinematycznych i topologicznych, opracowane narzędzie pozwala na precyzyjne odróżnienie leptonów od tła fizycznego i instrumentalnego. Wyniki badań wykazują wyższą skuteczność proponowanego rozwiązania względem standardowych algorytmów selekcji, co bezpośrednio przekłada się na zwiększenie czułości pomiarów w obszarze chromodynamiki kwantowej (QCD).

Fragmentacja przestrzeni Hilberta w ujęciu metod spektralnych z teorii grafów

Aleksander Rutkowski, prof. dr hab. Marcin Mierzejewski, dr hab. Jacek Herbrych

Politechnika Wroclawska

Fragmentacja przestrzeni Hilberta określa sytuację, gdy przestrzeń Hilberta hamiltonianu układu dzieli się na rozłączne dynamicznie podprzestrzenie. Celem niniejszej pracy było zastosowanie metod z teorii grafów w badaniu fragmentacji przestrzeni Hilberta w układach o różnym stopniu fragmentacji. Zaimplementowano algorytmy oparte na analizie spektralnej macierzy laplasjanu grafu

oraz macierzy modularności grafu, pozwalające identyfikować naturalne podziały badanej struktury na klastry. Kluczowym założeniem jest interpretacja hamiltonianu układu jako macierzy sąsiedztwa grafu, odwzorowującej strukturę połączeń pomiędzy poszczególnymi stanami bazowym. Ujęcie to umożliwia opis zjawiska fragmentacji przestrzeni Hilberta, co ma istotne znaczenie dla analizy dynamiki w układach wielu cząstek. Algorytmy przetestowano na podstawie modelu t-J. W pewnych zakresach parametrów oraz przy odpowiedniej geometrii układu, hamiltonian modelu wykazuje pełną fragmentację przestrzeni Hilberta, a zastosowane algorytmy poprawnie odtwarzają odpowiadającą jej strukturę klastrową. Co najistotniejsze, w pracy rozważono również warianty modelu t-J, którego hamiltonian cechuje się prawie sfragmentowaną przestrzenią Hilberta. W tej sytuacji proste algorytmy przeszukiwania grafów zawodzą, natomiast zaimplementowane metody nadal poprawnie rekonstruują grupową strukturę organizacji stanów bazowych. Wykazuje to, że zaproponowane narzędzia umożliwiają detekcję fragmentacji przestrzeni Hilberta również w reżimie, w którym podział na podprzestrzenie jest mniej widoczny, ale wciąż obecny i mający wpływ na dynamikę układu.

The Mpemba Effect: A Cluster Simulation via the Ising Model

Łukasz Spyrka, Mateusz Mańkowski

Politechnika Wroclawska

The Mpemba effect is a counterintuitive phenomenon where hot water freezes faster than cold water. In this presentation, we will examine this phenomenon from the perspective of cloud microphysics and statistical physics, shifting the focus from simple temperature measurements to the analysis of water's structural energy. We will explain how liquid water forms metastable clusters that act as energetic "dead ends," hindering the nucleation of ice. To illustrate this mechanism, a new approach will be proposed: mapping the thermodynamics of water clusters onto the classical Ising model. We will demonstrate how the stochastic freezing phenomenon can be simulated as an energy dissipation process on a lattice, where different spin states correspond to distinct cluster configurations. The presentation will conclude with a discussion of a computer simulation. The results will be compared against theoretical predictions to evaluate the impact of initial temperature on crystallization time.

Neutral, cationic, and anionic alkali-metal and alkaline-earth-metal monohydrides: Interaction potentials, dipole moments, and rovibrational structure

Jan Okoński

Uniwersytet Warszawski

Simple diatomic molecules play an important role in quantum chemistry and physics by providing the playground for benchmarking molecular theory and implementing quantum control. Precise calculations of molecular properties are crucial for guiding ongoing experiments and for planning new ones. Ultracold molecules provide a good framework for observations of quantum effects and testing various theories. Alkaline-earth-metal monohydrides are also promising candidates for a source of ultracold hydrogen [1] and laser cooling to ultralow temperatures [2].

Calculations of potential energy curves are a groundwork for determining other molecule properties such as rovibrational states. Neutral alkali and alkaline-earth monohydrides have already been extensively studied by others [3], unlike their ions. Experimental spectroscopic studies on the BaH₂⁺ molecule are currently underway in Prof. F. Merkt's group at ETH Zurich, where recently BaH⁺ and BaD⁺ were studied [4]. Here, we aim to provide the interaction energies for all neutral and ionic alkali and alkaline-earth hydrides as accurately as possible using various methods and basis sets.

We applied coupled cluster theory (CCSD, CCSD(T), CCSDT and MRCCSD) for post-Hartree-Fock calculations. A range of different electronic structure techniques was employed to achieve a high level of accuracy and provide insightful comparisons. Basis sets with cardinal numbers up to 5Z were utilized and the energies were extrapolated to the complete basis set limit. We applied corrections such as the diagonal Born-Oppenheimer correction (DBOC) and the correction for the full triple excitations in the coupled cluster calculations. Potential energy curves were calculated for distances ranging from 2 Bohr up to 50 Bohr. Adopted corrections helped us improve the precision of our results and allowed us to reach a theoretical accuracy of around 0.5% - 1.5% at the minimum.

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

References

1. I. C. Lane, Phys. Rev A 92, 022511 (2015).
2. Vázquez-Carson et al, New. J. Phys. 24, 083006 (2022).
3. Y. Gao and T. Gao, Phys. Rev A 90, 052506 (2014).
4. J. R. Schmitz and F. Merkt, Phys. Chem. Chem. Phys. 27, 1310-1319 (2025).

Excited electronic states of the helium dimer including adiabatic, relativistic, and quantum electrodynamics effects

Dawid Dąbrowski

Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

The helium dimer constitutes a unique system situated at the boundary between few- and many-body physics. All excited electronic states of He₂ are of Rydberg character, making it a candidate for laser cooling studies. We present highly accurate *ab initio* potential energy curves for the low-lying excited states of the helium dimer utilizing state-of-the-art coupled cluster and full configuration interaction methods. We employ newly developed basis sets reaching up to the cardinal number $X = 10$. To ensure exceptional final accuracy, we incorporate all relevant corrections, including relativistic, QED, adiabatic, and nonadiabatic effects, achieving a theoretical accuracy reaching 1.0 cm⁻¹ at the potential energy minima. These results establish a benchmark for calculations in orbital basis sets at the interface of few- and many-body regimes and provide a foundation for guiding spectroscopic experiments and identifying optimal excitation paths.

Kwantowe "tarcie": Lokalizacja Andersona jako mechanizm tłumienia oscylacji Blocha

Grzegorz Jaczewski

Uniwersytet Warszawski

Jednym z zaskakujących zjawisk obserwowanych w układach kwantowych są tzw. oscylacje Blocha. Klasyczna intuicja podpowiada, że elektron umieszczony w periodycznym potencjale, a następnie poddany działaniu stałego pola elektrycznego zacznie poruszać się ruchem przyspieszonym. Okazuje się, że obecność periodycznego potencjału (np. sieci krystalicznej) modyfikuje relację dyspersyjną w taki sposób, że przyłożone pole elektryczne powoduje ruch oscylacyjny cząstki. W rzeczywistych układach dodatkowym czynnikiem staje się nieuporządkowanie sieci, prowadzące do „utykania” cząstki na poszczególnych węzłach sieci (tzw. lokalizacja Andersona). W swoim wystąpieniu

chciałbym skupić się na omówieniu współzawodnictwa obydwu efektów oraz zarysowaniu różnic i podobieństw do klasycznego tłumionego oscylatora harmonicznego.

Badanie dynamiki rynków finansowych poprzez pryzmat teorii systemów złożonych. Analiza struktur fraktalnych w szeregach czasowych cen giełdowych przy użyciu algorytmów detrendingowych.

Kamil Czyżowicz, Nikodem Przybojewski

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza

Głównym celem badania jest analiza złożonego charakteru szeregów czasowych cen giełdowych przy użyciu algorytmu DFA (Detrended Fluctuation Analysis). W przeciwieństwie do klasycznych metod statystycznych, DFA pozwala na precyzyjne określenie długoterminowych korelacji oraz samopodobieństwa sygnału, skutecznie eliminując zniekształcający wpływ lokalnych trendów i niestacjonarności danych. W pracy przeanalizowano kluczowe indeksy giełdowe, obliczając wykładnik Hursta, który służy jako miernik "pamięci" rynku oraz jego efektywności. Wyniki wskazują na występowanie ukrytych zależności opisujących charakter fluktuacji, które wykraczają poza standardowy model błędzenia losowego. Istotnym elementem badania jest próba powiązania uzyskanych parametrów fraktalnych z czynnikami zewnętrznymi, takimi jak zmienność makroekonomiczna czy gwałtowne wydarzenia geopolityczne.

2.4 Fizyka jądrowa / środowiskowa

Depozycja izotopu ^{137}Cs w zróżnicowanym środowisku Islandii

Urszula Kasprzyk, Weronika Bartnicka, Marcin Momot

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Islandia jest unikalną wyspą, której środowisko znacząco różni się od warunków panujących w Europie kontynentalnej. W XIX wieku osadnicy przybywając na wyspę doprowadzili do stopniowego zaniku lasów, co w konsekwencji doprowadziło do widocznej degradacji środowiska. Celem projektu była analiza zawartości izotopu Cs-137 na terenach zerodowanych oraz zrehabilitowanych na obszarze Islandii. Cs-137, obecny w środowisku, pochodzi głównie z opadów promieniotwórczych po testach broni jądrowej prowadzonych w latach 50. i 60. XX wieku oraz z katastrofy elektrowni jądrowej w Czarnobylu w 1986 roku. Badania pozwoliły określić depozycję Cezu oraz innych izotopów promieniotwórczych pierwiastków takich jak Rad czy Tor w zróżnicowanym środowisku Islandii- począwszy od terenów zerodowanych poprzez nowo zalesione, nasadzeniami łubinu oraz referencyjnym lasem Hallormsstaðaskógur, stanowiącym najstarszy przykład rekultywacji obszarów zdegradowanych na Islandii.

Badanie zanieczyszczeń atmosferycznych w Krakowie na podstawie analizy składu śniegu

Natalia Michalik, Adam Franciszek Wojtowicz, Mateusz Wróż, Joanna Chmiel, Mateusz Luty, Aleksandra Szczyrba, Artur Bizoń, Karol Bizoń, Daria Klimaszewska, Filip Brzozowski, Mikołaj Drzewiecki, Wiktoria Seweryn

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Zanieczyszczenia atmosferyczne bezpośrednio wpływają na zdrowie każdego z nas, z tego powodu tak ważne jest, by je na bieżąco monitorować. Nasza grupa podeszła do tego zagadnienia z

nico innej strony. Wykorzystaliśmy fakt, że śnieg spadając zbiera znajdujące się w powietrzu zanieczyszczenia i tuż po opadach śniegu jednego dnia zebraliśmy 47 próbek z miejsc rozsianych na całym obszarze Krakowa. Naszym celem było nie tyle zbadanie wielkości zawieszonych w powietrzu pyłów, co określenie zebranych w śniegu zanieczyszczeń pod kątem składu pierwiastkowego. Do tego zadania przebadaliśmy nasze próbki z użyciem spektrometru EDXRF, a ze względu na bardzo niskie stężenie oznaczonych pierwiastków wykorzystaliśmy metodę wzbogacania pierwiastków poprzez ich wytrącanie grupowe na nośniku kadmowym z wykorzystaniem karbaminianów. Dzięki temu byliśmy w stanie ocenić stężenie danych pierwiastków w próbce. W naszym referacie bardziej szczegółowo opiszemy proces pobierania próbek i zastosowane przez nas metody pomiarowe, a także omówimy otrzymane przez nas wyniki i zaprezentujemy je graficznie za pomocą interaktywnej mapy.

1. Bernards, D.. and Malliaras, G.. (2007), Steady-State and Transient Behavior of Organic Electrochemical Transistors. *Adv. Funct. Mater.*, 17: 3538-3544. <https://doi.org/10.1002/adfm.200601239>

Analiza stężenia uranu w eksponatach muzealnych metodą spektrometrii promieniowania gamma.

Jakub Goryl

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza

Celem projektu było przeprowadzenie niedestruktywnej analizy sztand aptecznych ze szkła uranowego. Eksponaty zostały udostępnione przez Muzeum Farmacji Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Przeanalizowano 6 sztand ze szkła uranowego przy pomocy spektrometrii gamma. W celu obliczenia wydajności detektora dla zastosowanej geometrii skorzystano z kodu Monte Carlo N-Particle Transport Code. Geometrię scharakteryzowano stosując uproszczony model sztandy. Masowe stężenie uranu w analizowanych naczyniach mieści się w przedziale od 0.196% do 0.346%. Uzyskane wyniki znajdują odzwierciedlenie w literaturze.

2.5 Fizyka doświadczalna

Co w piwie piszczy? Fizykochemiczna analiza akustyczna piwa

Alicja Jagielska, Wiktoria Seweryn, Krzysztof Kryk, Szymon Książek, Mikołaj Lewandowski, Witold Rudziński, Wiktor Sala

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Studenckie Koło Naukowe Fizyków Bozon

Magnetyczny rezonans jądrowy (NMR) jest jedną z najważniejszych metod spektroskopowych wykorzystywanych w chemii, biologii i fizyce. Tradycyjne techniki NMR wymagają stosowania silnych pól magnetycznych, co wiąże się z wysokimi kosztami oraz koniecznością użycia złożonej aparatury. Alternatywą jest NMR w zerowym i ultraniskim polu magnetycznym (ZULF NMR), który umożliwia rejestrację sygnałów rezonansu magnetycznego jąder w warunkach bliskich zeru pola magnetycznego.

ZULF NMR eliminuje potrzebę stosowania silnych magnesów, wykorzystując precyzyjną kontrolę słabych pól magnetycznych oraz detekcję sygnału za pomocą bardzo czułych magnetometrów, takich jak magnetometry optyczne czy urządzenia typu SQUID. Pozwala to na prowadzenie badań spektroskopowych w warunkach niedostępnych dla klasycznego NMR.

W reżimie ultraniskich pól sygnały rezonansowe są wytwarzane przez oddziaływania spin-spin pomiędzy jądrami. Kluczową cechą ZULF NMR jest możliwość badania sprzężeń spinowych w układach molekularnych bez dominującego wpływu zewnętrznego pola magnetycznego.

Dzięki relatywnie niskim kosztom aparatury oraz potencjałowi miniaturyzacji, ZULF NMR stanowi atrakcyjną alternatywę dla konwencjonalnych systemów NMR. Rozwój tej technologii może

przyczynić się do szerszego zastosowania spektroskopii NMR w obszarach dotychczas ograniczonych przez wysokie wymagania techniczne i finansowe.

Highly compact calorimeter for the LUXE experiment

Bartłomiej Brudnowski

Uniwersytet Warszawski

Nonlinear QED effects in strong electromagnetic fields (SFQED) have been theorized since 1930s but have not been tested yet experimentally. LUXE is a planned future experiment located in EuXFEL that aims to study the effects of SFQED by colliding short laser pulses with an electron beam achieving fields over the Schwinger limit. Due to large expected multiplicity of resulting positrons, a novel highly compact calorimeter has been designed to provide the precise resolution required for the measurement. In 2025 a test beam campaign on a prototype of this calorimeter has been conducted that provided some very promising preliminary results which will be presented.

2.6 Inżynieria

Projekt PBL „Opracowanie organicznej struktury fotowoltaicznej opartej na ftalocyjaninach metali przejściowych i defektowo modyfikowanym SnOx wraz z budową dedykowanego stanowiska pomiarowego do pomiarów I–V”

Dawid Mizerski, Maciej Olejnik, Jakub Kuleta, Piotr Jurkiewicz, Aleksander Masztalski, mgr. inż. Aleksandra Tomaszowska, dr inż. Paulina Powroźnik, dr hab. inż. Maciej Krzywiecki prof. PŚ

Instytut Fizyki – Centrum Naukowo-Dydaktyczne

Nowe struktury fotowoltaiczne mają potencjał do stania się jedną z głównych źródeł energii. Rozwój nowoczesnych struktur fotowoltaicznych opartych na materiałach organicznych wymaga użycia metod obliczeniowych chemii kwantowej, uwzględnienia możliwości procesów technologicznych oraz własności materiałowych warstw w celu uzyskania układów o kontrolowanych właściwościach elektronowych. Szczególną rolę odgrywa tu możliwość świadomej modyfikacji warstw aktywnych i elektrod, co pozwala na kształtowanie mechanizmów transportu ładunku oraz efektywności konwersji energii.[MK1.1] Celem projektu PBL było kompleksowe zaprojektowanie oraz wytworzenie modelowej struktury fotowoltaicznej wykorzystującej ftalocyjaniny metali przejściowych jako warstwę aktywną oraz defektowo modyfikowany tlenek cyny (SnOx) w roli przezroczystej elektrody. W ramach pracy przeprowadzono analizę literaturową oraz symulacje metodami chemii kwantowej, które umożliwiły dobór materiałów o pożądanym właściwościach elektronowych. Następnie [MK2.1][MK2.2]przeprowadzono proces wytwarzania cienkich warstw, uwzględniając ich właściwości optyczne i elektronowe. Kończącym etapem prac było wytworzenie kompletnej struktury z wykorzystaniem technik cienkowarstwowych, w tym osadzania warstw metodą fizycznego osadzania z fazy gazowej (PVD). Każda warstwa została następnie poddana szczegółowej charakterystyce fizykochemicznej, ze szczególnym uwzględnieniem analizy składu chemicznego, obecności defektów strukturalnych oraz wyznaczenie położenia poziomów energetycznych. Pozwoliło to na ocenę poprawności procesu technologicznego oraz określenie parametrów elektronowych uzyskanych interfaś i całej struktury fotowoltaicznej. Uzupełnieniem badań były pomiary charakterystyk prądowo-napięciowych (I–V) przygotowanej struktury, które odbywały się w symulatorze oświetlenia słonecznego. Uzyskane wyniki podkreślają znaczenie zintegrowanego podejścia łączącego projektowanie materiałowe, symulacje

oraz eksperyment w procesie tworzenia nowych struktur fotowoltaicznych, a także wskazują na potencjał dalszej optymalizacji badanych układów.

Literatura:

Krzywiecki M. et al., Phys. Chem. Chem. Phys. 2017, 19, 11816–11824,

DOI: 10.1039/C7CP01688C.

Rahim N. A. et al., J. Phys.: Conf. Ser. 2019, 1156, 012010,

DOI: 10.1088/1742-6596/1156/1/012010.

Skonieczny R. et al., Spectrochim. Acta A 2018, 191, 203–210,

DOI: 10.1039/C7CP01688C."

How cheap can a radiation detector be? - Design of front-end readout electronics for photodiode radiation detectors

Krzysztof Domański, Magda Sawczuk

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, WEAiIB, SKNF "Bozon"

Detektory promieniowania są szeroko stosowane w obrazowaniu biomedycznym, fizyce cząstek, naukach o materiałach oraz monitorowaniu radioaktywności w środowisku. Podczas gdy komercyjne systemy są drogie i często niedostępne dla hobbystów i niezależnych badaczy, tanie alternatywy oparte na fotodiodach PIN (półprzewodnikowych urządzeniach powszechnie stosowanych w systemach optycznych i fotonicznych) oferują dostępne rozwiązania. Podczas referatu pokazane zostanie modelowanie fotodiody PIN jako sensora promieniowania, omówione zostaną kluczowe ograniczenia dla projektów opartych o elementy dyskretnie. Przedstawiony zostanie kompaktowy prototyp detektora oparty na fotodiodzie BPW34, wraz z symulacjami i pomiarami potwierdzającymi poprawne działanie analogowej części układu w zakresie: 30 keV do 1 MeV. Zaprezentowane zostaną także przebiegi dla pomiarów radioaktywnych źródeł: Cezu-137, Ameryku-241, Toru-232 oraz rudy uranowej. Przedstawiony projekt i jego parametry są dowodem, że rozwiązania oparte na diodach PIN czynią monitorowanie promieniowania dostępnym dla kół studenckich, społeczności hobbystów oraz niezależnych badaczy.

Konstrukcja i rozwój drona z elementami autonomii jako narzędzia pomiarowego w badaniach fizyki środowiska

Maciej Pacholczak, Aleksander Wróbel

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Celem wystąpienia jest przedstawienie procesu projektowania drona oraz wytłumaczenie jego zawiłej konstrukcji, opracowywanej w ramach projektu grantu Rektora koła naukowego SKNF Bozon. Projekt skupia się na stworzeniu lekkiej i wytrzymałej struktury ramy drona, przy jednoczesnej maksymalizacji jego zdolności nośnych, co pozwoli na realizację różnych pomiarów środowiskowych.

Prezentacja jest podzielona na cztery główne segmenty: • Ogólne spojrzenie na to, czym jest bezzałogowy statek powietrzny, w jakim celu jest on realizowany, jakie zadania ma spełniać oraz jaka jest nasza rola w projekcie. • Dokładnie omówienie procesu powstawania konstrukcji drona oraz jej analizy za pomocą narzędzi inżynierskich, takich jak: SolidWorks oraz Ansys. Szczególny nacisk położono na zastosowanie optymalizacji topologii, która umożliwiła redukcję masy przy zachowaniu wymaganej wytrzymałości mechanicznej. W konstrukcji wykorzystano również strukturę inspirowaną plastrami miodu, pozwalającą na poprawę stosunku sztywności do masy. • Przedstawienie fizycznych testów mających na celu zweryfikowanie poprawności przeprowadzanych symulacji wytrzymałościowych w programie. • Przedstawienie zadań, które dron będzie mógł realizować, oraz potencjalnych przyszłych projektów, które wykorzystają jego możliwości.

Omówione zostaną najważniejsze problemy: integracja komponentów, ograniczenia geometryczne oraz dobór materiałów. Wykazano, czym jest optymalizacja topologii, jak wygląda oraz dlaczego w konstrukcji została wykorzystana struktura plastrów miodu, a także dlaczego potencjalnie prosta konstrukcja drona może przysporzyć wiele kłopotów.

O tym jak zaprojektować silnik odrzutowy” - modelowanie termodynamiczno-przepływowe silnika turbowentylatorowego

Artur Żeleźnik

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Silniki turbowentylatorowe, będące dwuprzepływowymi silnikami odrzutowymi, wykorzystywane są głównie do napędzania samolotów pasażerskich. Dla zastosowań cywilnych, najważniejszym parametrem silnika, jest jego jednostkowe zużycie paliwa, parametr ten bezpośrednio opisuje ekonomiczność danego rozwiązania. Stąd wynika konieczność zaprojektowania silnika, w ten sposób aby osiągnąć jak najniższą wartość tego parametru. Musi to zostać wykonane przy jednoczesnym spełnieniu wszystkich postawionych wstępnie wymagań. Wymagania te są dyktowane przez przeznaczenie samolotu, który będzie napędzany projektowanym silnikiem.

Podjęcie decyzji odnośnie przyjęcia danej konfiguracji obejmuje dobór stopnia podziału strumieni i spręży kompresorów oraz dobór stopni kompresorów i turbin gazowych. Obydwa procesy doboru są od siebie zależne, stąd powstaje wymóg stworzenia dwóch modeli. W pierwszej kolejności modelu czysto termodynamicznego, upraszczającego wszystkie przepływy przez elementy silnika, jako jednolite procesy o sprecyzowanej sprawności. Dzięki czemu pominięte zostały przepływy przez osobne stopnie. Następnie stworzony został drugi model, uwzględniający przepływy, przy założeniu, że parametry w każdym przekroju osiowym silnika są takie same.

Ten referat przedstawia proces tworzenia obydwu modeli oraz wyniki uzyskane poprzez ich zastosowanie. Celem zastosowania tych modeli było dobranie konfiguracji silnika turbowentylatorowego, do napędzania samolotu pasażerskiego średniego zasięgu, przeznaczonego do lotu na wysokości 11 km n.p.m., z prędkością odpowiadającą liczbie Macha równej 0,8 w tych warunkach.

Implementacja sieci Hopfielda na urządzeniach programowalnych

Natalia Barańska

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Celem badania było zaimplementowanie sieci neuronowej Hopfielda o ułamkowym rzędzie na urządzeniach programowalnych. Skupiono się w pierwszej kolejności na mikrokontrolerze, co dalej doprowadziło do analizy zachowania sieci pod wpływem zmian i adaptacji symulacji, wprowadzonych ze względu na jego 32-bitową architekturę w porównaniu do 64-bitowej architektury przeciętnego komputera oraz inne specyfikacje i ograniczenia. Otrzymane wyniki w satysfakcjonującej mierze pokrywały się z pierwotną implementacją. Następnie skonstruowano prosty układ elektroniczny z wykorzystaniem przetworników cyfrowo-analogowych (DAC) i wyświetlono nadawany przez mikrokontroler sygnał, w postaci napięć, przy pomocy oscyloskopu. Zidentyfikowano powstałe szумы elektroniki, a ich prawdopodobnej przyczyny doszukano się w braku synchronizacji dwóch przyrządów DAC (kanałów). W kolejnym kroku zajęto się implementacją sieci na FPGA (z ang. Field Programmable Gate Array). Wyniki te porównano z resztą otrzymanych i stwierdzono znaczną zgodność.

2.7 Astronomia

From Turbulence to Large Scale Magnetic Fields: Analytical form of Electromotive Force in Rotating Stars and Planets

Jakub Szymankiewicz

Uniwersytet Warszawski

The Coriolis force plays an important role in the generation of the large-scale magnetic fields observed in stars and planets in a process known as the dynamo effect. Understanding how turbulent, rotating fluids in liquid planetary cores and stellar interiors create an electromotive force (EMF) is essential for building realistic models of these dynamos. In this work, within the framework of magnetohydrodynamics (MHD), we derive explicit analytical expressions to describe how the magnetic field is amplified (the α -effect) and how it diffuses, using a mathematical technique known as the τ -approximation. Focusing on the regime of weak, large-scale magnetic fields, we determine the full tensor structure of the α -effect and turbulent diffusivity in two distinct limits: the perturbative regime of slow rotation present in the Sun, and the fully nonlinear regime applicable to rapidly rotating objects such as the Earth. Our results capture the significant anisotropy induced by the Coriolis force, providing a clearer mathematical and physical picture of how small-scale turbulence drives global large-scale magnetic fields.

Konstrukcja teleskopu Newtona do badań terenowych

Maciej Pacholczak, Antek Łasica

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, SKNF Bozon

W dobie rosnącego zapotrzebowania na mobilne instrumenty obserwacyjne, dostęp do sprzętu o dużej aperturze często stanowi wyzwanie logistyczne i konstrukcyjne. Celem prezentacji jest omówienie procesu projektowania i budowy od podstaw teleskopu w systemie Newtona. Impulsem do realizacji projektu było zagospodarowanie nieużywanego, 12-calowego zwierciadła głównego i stworzenie wokół niego w pełni funkcjonalnego instrumentu.

Z uwagi na przeznaczenie sprzętu do regularnych obserwacji terenowych, zrezygnowano z klasycznej, ciężkiej tuby na rzecz, lekkiej konstrukcji kratownicowej (truss tube) osadzonej na montażu Dobsona. W procesie inżynierskim szczególną uwagę poświęcono aspektom praktycznym: konstrukcja charakteryzuje się podwyższoną odpornością na wilgoć oraz posiada dedykowane rozwiązania gwarantujące bezpieczeństwo układu optycznego podczas transportu.

Skonstruowany teleskop z powodzeniem realizuje dwa główne cele. Z jednej strony stanowi doskonałe narzędzie dydaktyczne wykorzystywane podczas plenerowych pokazów astronomicznych. Z drugiej – pozwala na prowadzenie obserwacji naukowych, ze szczególnym uwzględnieniem rejestracji zjawisk zakryciowych (okultacji gwiazd przez planetoidy). Prezentację zamkną wnioski z dotychczasowych obserwacji oraz plany dalszej modernizacji, zakładające przebudowę urządzenia w celu jego adaptacji do montażu paralaktycznego, co docelowo poszerzy możliwości astrofotometryczne i badawcze sprzętu.

Opracowanie uniwersalnego estymatora stosunku sygnału do szumu w ramach projektu BHTOM

Jakub Nurkiewicz, Miłosz Płoszyński

Politechnika Gdańska, Astrofizyczne Koło Naukowe

Wyznaczenie optymalnego czasu ekspozycji w astrofotografii pomiarowej stanowi istotne wyzwanie logistyczne i ekonomiczne. Tradycyjne metody oparte na seriach klatek kalibracyjnych są czasochłonne (potrafią zająć do 20 minut przy każdej zmianie obiektu badań), co w przypadku komercyjnych obserwatoriów z teleskopami o średnicy 2,5 m potrafi generować koszty na poziomie 700\$ przy każdej zmianie celu. W sytuacjach wymagających natychmiastowej reakcji, takich jak obserwacje zjawisk efemerycznych (np. supernowych), obecne procedury ograniczają efektywność naukową.

W niniejszym wystąpieniu zaprezentowano proces wytwórczy uniwersalnego estymatora stosunku sygnału do szumu (SNR), realizowanego dla serwisu BHTOM.space. Omówiona zostanie ewolucja modelu: od czysto deterministycznego podejścia matematycznego, przez głębokie sieci neuronowe (DNN), aż po finalne rozwiązanie hybrydowe oparte na lasach losowych (Random Forest). Kluczowym elementem pracy było zastosowanie feature engineering, w celu maksymalizacji ilości informacji wykorzystanej przez model. Zbiór danych sporządzony został z zasobów uzyskanych z serwisu BHTOM.space obejmujących przeszło 50 tysięcy obserwacji gwiazd.

Szczególna uwaga zostanie poświęcona autorskiemu podejściu do normalizacji zmiennej zależnej poprzez wykorzystanie fizycznej zależności

$$\text{SNR} \sim \sqrt{t_{\text{exposition}}}$$

Pozwoliło to na 20-krotne zwiększenie gęstości zbioru zmiennej zależnej i uzyskanie błędu względnego poniżej 20% dla ok. 70% danych testowych, przy zachowaniu zdolności modelu do interpolacji oraz przenośności. Referat wieńczy omówienie planowanych testów w obserwatoriach na Litwie, w Austrii i Chile oraz perspektywy pełnej integracji narzędzia z systemem BHTOM.

Poznasz sensor po szumach jego – CMOS czy CCD? Odpowiedź na podstawie pomiarów.

Wiktor Sala, Jakub Smaga

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Teleskop Hubble’a miał matrycę CCD, JWST ma układ odczytu w technologii CMOS, ale obserwatoria astronomiczne dalej w większości korzystają z CCD. Co jest więc lepsze w astronomii? Pierwsze matryce obrazowe były właśnie w technologii będącej prekursorem CMOS, jednak ze względu na słabą jakość obrazu szybko ustąpiły miejsca układom CCD wynalezionym w 1969 roku. Urządzenia z matrycami CCD zdominowały naukowe obserwatoria na kilka dekad, głównie dzięki niskim szumom i bardzo dobrej liniowości odpowiedzi. To one trafiły na pokład Teleskopu Hubble’a czy łazika Curiosity. W latach 90. matryce CMOS przeżyły drugie narodziny – poprawiła się jakość obrazu, a wraz z niższą ceną i wyższą szybkością odczytu zaczęły masowo wypełniać aparaty fotograficzne i telefony, co przyspieszyło ich rozwój. Dziś współczesne matryce CMOS często konkurują z matrycami CCD. Czy jednak słusznie producenci chwalać się, że naukowe matryce CMOS są lepsze niż CCD, czy jeszcze trochę im do tego brakuje? W ramach referatu zostaną przedstawione wyniki pomiarów kilku matryc stosowanych lub potencjalnie użytecznych w astronomii – zarówno CCD, jak i CMOS – przeprowadzonych na dedykowanym stanowisku pomiarowym. Do charakteryzacji sensorów użyto metody krzywej transferu fotonów (ang. Photon Transfer Curve, PTC). Polega ona na rejestrowaniu serii obrazów przy różnych poziomach oświetlenia i analizowaniu zależności szumu od sygnału. Na podstawie analizy tej krzywej oraz porównania podstawowych parametrów matryc zostanie stwierdzone czy CMOS już wygrywa, a jeśli tak – czy wszędzie, czy tylko w konkretnych zastosowaniach. Oraz najważniejsze – czy do astro można użyć smartfona?

2.8 Technologie kwantowe / Optyka

Pierwsze prace na Wrocławskim komputerze kwantowym Odra 5

Ziemowit Olinkiewicz, Jagoda Zawisz, Jarosław Pawłowski

Instytut Fizyki Teoretycznej, Politechnika Wroclawska

Komputery kwantowe mają ogromny potencjał dla współczesnej nauki i techniki. Mimo że jak dotąd nie stworzono systemu realizującego zaawansowane algorytmy kwantowe, które mogłyby zrewolucjonizować współczesną kryptografię czy rozwiązywanie problemów optymalizacyjnych, już na obecnym

etapie rozwoju komputerów kwantowych (NISQ, Noisy Intermediate-Scale Quantum) istnieją istotne protokoły, które można badać na dostępnych dziś urządzeniach.

Jednym z takich protokołów jest tomografia stanu kwantowego (QST, Quantum State Tomography [1]). Nazwa ta odnosi się do algorytmu rekonstrukcji macierzy gęstości stanu kwantowego poprzez wykonanie serii lokalnych pomiarów, a następnie poddanie ich analizie. Użycie formalizmu macierzy gęstości pozwala badać procesy relaksacji oraz defazowania opisywane przez równanie Lindblada [2]. Procesy te prowadzą do utraty informacji kwantowej i stanowią główną przeszkodę do realizacji zaawansowanych algorytmów na istniejących urządzeniach NISQ. QST jest ważnym narzędziem wykorzystywanym do zrozumienia tych procesów w danym komputerze kwantowych i stanowi podstawę do dalszych badań z zakresu kontroli stanów kwantowych.

Dzięki dostępowi do zasobów obliczeniowych kwantowego komputera Odra 5, mieszczącego się na Politechnice Wrocławskiej, nasza grupa przedstawiła działanie protokołu tomografii ewoluujących stanów oraz wyznaczyła odpowiednie współczynniki równania Lindblada dla małych układów (1 i 2 kubity). Następnie naszym celem jest stworzenie modelu sieci neuronowej (a dokładniej PINN, physics-informed neural network [3]), który automatyzuje przewidywanie parametrów w równaniu Lindblada. W ten sposób generalizujemy przewidywanie parametrów na szeroką klasę układów kwantowych, a nie tylko optymalizujemy model dla jednego konkretnego przypadku. Podejście takie nazywamy Lindbladian learning [4].

1. D. F. V. James, P. G. Kwiat, W. J. Munro, A. G. White, Measurement of qubits, *Physical Review A* 64, 052312 (2001).
2. H.P. Breuer, F Petruccione, *The Theory of Open Quantum Systems*, Oxford University Press, (2002).
3. M. Raissi, P. Perdikaris, G.E. Karniadakis, Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations, *Journal of Computational Physics*, 378, (2019).
4. T. Heightman et al., Lindbladian Learning with Neural Differential Equations, arXiv:2603.07778 (2026).

Formation and control of ultracold ytterbium dimers using optical transitions

Weronika Sobień

University of Warsaw, Faculty of Physics

Ground and excited electronic states of the ytterbium dimer (Yb_2) challenge modern electronic structure theory. At the same time, weakly bound Yb_2 were already produced at ultralow temperatures and are the perfect starting point for transferring them to the ground state and applications in precision measurements and quantum-controlled chemistry. The aim of this study is to theoretically predict the optical spectrum and analyze optical transitions in the ytterbium dimer between the singlet ground state $X^1\Sigma_g^+$ and the excited state $A^1\Sigma_u^+$. These investigations provide valuable insights into spectroscopic interactions and the underlying processes involved in the formation of ultracold quantum gases. Our group has conducted electronic structure calculations using coupled-cluster theory [CCSD(T)] in conjunction with newly developed correlation-consistent Gaussian basis sets ranging from double- to quintuple-zeta quality (aug-cc-pwCVnZ-PP, $n = 2-5$). To obtain the vibrational and rotational energy levels, we employed the discrete variable representation (DVR) method, which enables efficient and accurate numerical solutions of the nuclear Schrödinger equation. The resulting vibrational wavefunctions were then used to compute Franck–Condon factors

by evaluating wavefunction overlap integrals between the ro-vibrational states of the ground and excited states. The resulting Franck–Condon landscape also supports the identification of favorable transition pathways, which is relevant for coherent population transfer techniques such as Stimulated Raman Adiabatic Passage (STIRAP), particularly in the context of ultracold molecule formation. Our calculations yielded potential energy curves for both the $X^1\Sigma_g^+$ ground state and the $A^1\Sigma_u^+$ excited state, alongside corresponding sets of ro-vibrational energy levels. Using vibrational wavefunctions derived from DVR, we constructed detailed Franck–Condon factor maps, resolved across a wide range of rotational quantum numbers. These two-dimensional maps illustrate transition strengths for multiple channels, including $(v, J) \rightarrow (v, J-1)$, (v, J) , and $(v, J+1)$, providing a comprehensive view of the rotationally resolved transition landscape. In addition, we extended our analysis to include mixed isotopic variants of the ytterbium dimer (e.g., $^{172}\text{Yb}-^{174}\text{Yb}$), accounting for their distinct reduced masses and resulting shifts in vibrational structure. The corresponding Franck–Condon maps revealed notable differences in transition intensities and level spacings, highlighting isotope-specific pathways that could be advantageous for optical state preparation or detection in ultracold experiments. The obtained results provide valuable insights into the spectroscopy of the ytterbium dimer and the mechanisms of optical transitions. The presented analysis enhances the understanding of ultracold quantum gas formation processes and may contribute to further research in optical metrology and quantum technologies.

Fault-tolerant blind quantum computing under photon loss

Maria Hadam

Politechnika Gdańska

Blind quantum computation enables a client with limited quantum resources to delegate tasks to a server without revealing the calculations[1]. Distributed quantum architectures with photonic links naturally support this approach[2,3,4]. Fault-tolerant protocols exploit entanglement between matter-based and photonic qubits to implement blind logical gates via teleportation. We analyze two schemes for a blind logical S gate on the 7-qubit Steane code. The first[2] uses two matter qubits per gate—one for communication and one for computation—requiring repeated photon transmissions until successful measurement. Our alternative integrates error correction[5] directly into the communication qubit, eliminating the computation qubit and reducing matter qubit overhead. Comparing performance under varying photon loss rates, we highlight trade-offs between photonic redundancy and qubit requirements, informing scalable, secure quantum computing designs.

1. Fitzsimons (2017). Npj Quantum Inf.
2. Baranes et al. (2025). arXiv:2025.21621
3. Drmota et al. (2024). Phys.Rev. Lett.
4. Wei et al. (2025). Science, 388(6746),509-513
5. Stace et al. (2009). arXiv:0904.3556"

Quantum machine learning for cancer detection

Marcin Klaczak

Uniwersytet Gdański

Cancer is the second biggest cause of human deaths. Early diagnosis is a key element of full recovery or long overall survival. Liquid biopsies are excellent alternatives to traditional biopsies and imaging

for cancer detection as they are minimally invasive and their cost is decreasing. In recent years, there has been a growing interest in machine learning techniques and models regarding liquid biopsy analysis. Both fields of artificial intelligence and quantum computation are growing rapidly in recent years. Intersection between machine learning and quantum computation promises great possibilities. In this work I am presenting the Support Vector Machine method in its classical version and in the version enriched by quantum computation. I am comparing both approaches and presenting applications of Quantum Support Vector Machine in biomedical research.

3 Postery

3.1 Fizyka Ciała Stałego

Badanie wytrzymałości na zarysowanie nanometrycznych metalicznych powłok wielowarstwowych

Mikołaj Kolasiński

Politechnika Gdańska

Wielowarstwowe nanostruktury znajdują szerokie zastosowanie w nauce i przemyśle z uwagi na przejawianie przez nie szeregu interesujących właściwości fizycznych i chemicznych. W niniejszym wystąpieniu skupiono się na zagadnieniu odporności cienkich warstw na zarysowania. Wykorzystując rozpylanie magnetronowe na szklanych podłożach wytworzono serię nanometrycznych metalicznych wielowarstwowych powłok o składach PtAu, PtAuCo i PtAuTi. Część próbek poddano końcowej obróbce cieplnej w 100°C i 525°C. Zbadano jak skład oraz temperatura wygrzewania wpływają na odporność powłok na powstawanie na nich zarysowań. Opracowano dedykowany układ do badania wytrzymałości cienkich warstw na zarysowanie. W celu charakteryzacji powierzchni powłok wykorzystano skaningową mikroskopię elektronową, dzięki której na części powłok wykryto struktury i uszkodzenia, które prawdopodobnie miały wpływ na ich wytrzymałość. Zaobserwowano, że obróbka cieplna w obu badanych temperaturach zwiększa wytrzymałość mechaniczną, z czego lepsze wyniki dało wygrzewanie w 100°C. Spośród trzech zbadanych składów, wielowarstwa PtAuTi wykazała największą odporność mechaniczną bez wygrzewania, jednak obróbka wielowarstwy PtAu w 100°C sprawiła, że ta próbka wykazała zdecydowanie największą wytrzymałość na zarysowanie spośród wszystkich zbadanych powłok. Stwierdzono, że istnieje optymalna temperatura wygrzewania cienkich wielowarstw PtAu, PtAuCo i PtAuTi pozwalająca na maksymalne zwiększenie odporności na zarysowania, której dokładne wyznaczenie wymaga dalszych badań.

Exploration of the Potential of Au and Ag Nanostructures for Advanced LSPR Gas/VOCs Sensing

Jakub Będkowski^{1,2}, dr hab inż. Marcin Łapiński²

¹*Politechnika Wroclawska*, ²*Instytut Nanotechnologii i Inżynierii Materiałowej, Politechnika Gdańska*

The development of industry and environmental monitoring demand a search for novel, sensitive gas detection methods. This study focuses on an approach utilizing the Localized Surface Plasmon Resonance (LSPR) phenomenon in noble metal nanostructures to detect molecular-level changes on the sensor surface caused by the adsorption of gases and Volatile Organic Compounds (VOCs).

Plasmonically active gold (Au) and silver (Ag) surfaces were fabricated via thermal dewetting of thin films deposited by Physical Vapour Deposition (PVD). As part of the research, a custom test chamber was made to facilitate spectroscopic measurements within a controlled gaseous environment.

Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis confirmed the formation of regular nanostructures exhibiting strong resonance signals. Subsequent UV-Vis spectroscopy tests demonstrated a repeatable and reversible sensor response to gases (Argon, Nitrogen) and VOCs (isopropanol). The observed spectral shifts indicate that the fabricated samples are capable of detecting variations in their gaseous surroundings, with gold and silver nanostructures exhibiting distinct spectral characteristics.

The primary advantages of the proposed solution include high surface sensitivity related to the use of nanostructures, room-temperature operation, reversibility and potential for further chemical surface functionalisation. The presented results, highlighting high sensitivity to molecular environment and shown dynamic response, confirm the significant potential of these nanostructures for future development of gas sensors.

Non-Cleanroom Fabrication of Graphene Flakes for van der Waals Heterostructures

Grzegorz Pawłuszewicz

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie

Wytwarzanie grafenu o wysokiej jakości zazwyczaj wymaga wykorzystania infrastruktury typu cleanroom, co ogranicza dostępność oraz zwiększa koszty badań. W niniejszej pracy przeanalizowano możliwość otrzymywania płatków grafenu w warunkach laboratoryjnych bez dostępu do cleanroomu, z wykorzystaniem mechanicznej eksfoliacji i różnych technik transferu.

Porównano różne materiały źródłowe, w tym wysoko uporządkowany grafit pirolityczny (HOPG) oraz grafit naturalny, pod kątem rozmiaru uzyskiwanych płatków, wydajności procesu oraz jego powtarzalności. Dodatkowo przeanalizowano wpływ zastosowanego nośnika transferowego (taśmy adhezyjne, podłoża lepkoelastyczne typu PDMS, taśmy termorozpuszczalne) na jakość i stopień kontaminacji powierzchni.

Identyfikację grafenu prowadzono metodą mikroskopii optycznej w oparciu o kontrast interferencyjny na podłożach Si/SiO₂, natomiast wybrane struktury poddano weryfikacji przy użyciu mikroskopii sił atomowych (AFM).

Uzyskane wyniki wskazują, że metody non-cleanroom umożliwiają otrzymywanie płatków grafenu o rozmiarach i jakości wystarczających do zastosowań prototypowych, w szczególności w kontekście wytwarzania heterostruktur grafen/h-BN. Jednocześnie kluczowymi ograniczeniami pozostają kontaminacja powierzchni, kontrola położenia płatków oraz powtarzalność procesu.

Praca stanowi praktyczny wkład w rozwój niskokosztowych metod wytwarzania materiałów dwuwymiarowych.

Materiał MXen i jego nowa modyfikacja

**Andrzej Majorczyk, Jacek Ulrych, Ewa Kupis, Nikodem Przybojewski, mgr. inż.
Gabriela Opiła, dr. Adrianna Gilarska, dr hab. Janusz Przewoźnik, prof. dr hab.**

Czesław Kapusta

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Materiał MXen badany w ramach niniejszej pracy, to związek o strukturze dwuwymiarowych płatków i składzie $Mn+1XnTk$, gdzie M to metal przejściowy, X - węgiel lub azot, T to symbol grupy przyłączonej do powierzchni płatka, n opisuje liczbę warstw pierwiastka X w materiale, a k – ilość grup T na wzór jednostkowy. Naszym celem było zbadanie absorpcji jonów żelaza przez materiał Ti_3C_2Tk (T to głównie OH), a następnie próbę zmiany stanu chemicznego zaabsorbowanego żelaza przez poddanie działaniu roztworu NH_4OH . Modyfikacja ta miała na celu wytworzenie pomiędzy warstwami MXen nowej, magnetycznej fazy zawierającej żelazo. Prezentowany plakat będzie przedstawiał wyniki przeprowadzonych dla uzyskanego materiału badań składu metodą rentgenowskiej

analizy fluorescencyjnej, obrazy cząstek materiału uzyskane metodą skaningowej transmisyjnej mikroskopii elektronowej oraz wyniki badań struktury krystalicznej metodą dyfraktometrii rentgenowskiej.

3.2 Inżynieria

Fizyczna analiza strat i ograniczeń w technologiach wytwarzania i magazynowania energii

Dawid Blaszyński, Kornel Janiel

Politechnika Białostocka

W pracy przedstawiono analizę fizycznych podstaw działania wybranych technologii wytwarzania energii, ze szczególnym uwzględnieniem elektrowni konwencjonalnych oraz instalacji fotowoltaicznych. Omówiono procesy konwersji energii oraz wynikające z nich straty, będące konsekwencją ograniczeń termodynamicznych i właściwości fizycznych materiałów.

W dalszej części pracy skupiono się na problematyce magazynowania energii, która stanowi jedno z kluczowych wyzwań współczesnej energetyki. Przeanalizowano wybrane metody magazynowania energii, takie jak akumulatory elektrochemiczne, systemy szczytowo-pompowe oraz wykorzystanie sieci elektroenergetycznej jako formy pośredniego magazynu energii. Szczególną uwagę poświęcono sprawności tych procesów, stratom energii oraz ograniczeniom wynikającym z gęstości energii i parametrów fizycznych układów.

Na podstawie przeprowadzonych rozważań wskazano, że główne trudności związane z efektywnym wykorzystaniem energii wynikają nie tylko z poziomu rozwoju technologii, lecz przede wszystkim z fundamentalnych praw fizyki, takich jak druga zasada termodynamiki. W pracy podkreślono również znaczenie odpowiedniego doboru źródeł energii oraz roli magazynowania w zapewnieniu stabilności systemu energetycznego.

3.3 Technologie Kwantowe / Optyka

Sterowalne qubity w układach złącz Josephsona

Tymon Przychodni¹, Jakub Wawruszczak¹, Luca Banszerus²

¹Politechnika Wroclawska, ²Uniwersytet Wiedeński

Złącze Josephsona, czyli układ dwóch nadprzewodników rozdzielonych cienką barierą umożliwiającą tunelowanie par Coopera, od momentu odkrycia cieszy się szerokim zainteresowaniem fizyków nanostruktur jako platforma umożliwiająca wykorzystanie efektów kwantowych w złożonych układach nadprzewodzących. Są powszechnie używane w ultraczułej aparaturze do pomiarów magnetycznych – SQUID – oraz stanowią kluczowy element qubitów transmonowych, będących obecnie najpopularniejszą i jedną z najczystszych realizacji qubitów w nadprzewodzących komputerach kwantowych. Szczególnie obiecującym kierunkiem jest nowoczesna technika polegająca na umieszczeniu w przerwie złącza niewielkiego przewodu. Sterowanie napięciem przyłożonym do przewodu pozwala na kontrolę energii wbudowanej złącza [1]. W pracy przedstawimy wyniki obliczeń teoretycznych stanów własnych układów złącz Josephsona ze sterowanymi energiami wbudowanymi. Ten dodatkowy parametr pozwala zdefiniować qubit na nadprzewodzącej pętli w stałym polu magnetycznym i kontrolować jego stany. Zdefiniujemy podstawowe parametry do kontroli potencjału układu i przykładowe definicje bramek kwantowych na ewolucji stanu qubitów. Analogicznie można skonstruować łańcuch złożony z N pętli nadprzewodzących, wychodząc poza binarną bazę qubitów do przestrzeni N stanów własnych. Taki układ jest obiecującą platformą do badań w mikroskali łańcuchów atomów jak np. łańcuch

SSH oraz umożliwia zaobserwowanie przejść fazowych Meissner-wir [2]. Możliwe są również układy o geometrii trójkąta bądź heksagonu, na których można zdefiniować odpowiednik qubitu o trzech stanach bazowych i rozszerzyć na sieć dwuwymiarową. Pokażemy, że kontrola energii wbudowanej złącza pozwala na efektywne sterowanie dynamiką qubitu w nadprzewodzącej pętli z dokładnością znacznie większą od sterowania polem magnetycznym, a uogólnienie układu do sieci wielu pętli stwarza możliwość realizacji symulatorów kwantowych modeli.

1. Banszerus, L., Marshall, W., Andersson, C. W., Lindemann, T., Manfra, M. J., Marcus, C. M., Vaitiekėnas, S. (2024). Voltage-controlled synthesis of
2. Zhao, Y. J., Xu, X. W., Wang, H., Liu, Y. X., Liu, W. M. (2020). Vortex-Meissner phase transition induced by a two-tone-drive-engineered artificial gauge potential in the fermionic ladder constructed by superconducting qubit circuits. *Physical Review A*, 102(5), 053722.

Teoria i proces naświetlania hologramów optycznych

Marta Banaś, Szymon Woźnica, Małgorzata Włodarczyk, Piotr Lesiecki, Mikołaj Knop, Karolina Nowak, Dawid Mizerski, Prof. Tomasz Błachowicz

Politechnika Śląska, Instytut Fizyki - Centrum Nowych Technologii

Hologramy znajdują szerokie zastosowanie m.in. w systemach zabezpieczeń (np. na dokumentach czy kartach płatniczych), gdzie ich złożona struktura interferencyjna utrudnia podrobienie. Celem niniejszego projektu było sprawdzenie potencjału wykonania hologramu w warunkach laboratorium uczelnianego oraz weryfikacja, na ile możliwe jest uzyskanie czytelnego zapisu przy użyciu dostępnych środków. Zbudowany przez nas układ pomiarowy opiera się na zasadzie działania hologramów Denisyuk'a, gdzie interferujące ze sobą wiązki: referencyjna i obiektowa padają na ekran z jego przeciwnych stron, tworząc obraz interferencyjny. Obiekty rejestrowane na hologramie znajdują się za ekranem.

Stanowisko składa się z zielonego lasera z możliwością modulowania jego mocy za pomocą zmian natężenia prądu. Następnie wiązka jest rozpraszana na soczewce i pada na ekran, który składa się ze szklanej płytki i naklejonej na niej folii stworzonej z fotopolimeru. Jest to materiał bardzo czuły na fale światła z przedziału od 440nm do 680nm długości fali, co odpowiada stosowanemu u układzie laserowi. Światło lasera jest rozpraszane na soczewce, by oświetlać całą powierzchnię folii. W odległości od 30cm do 50cm od źródła światła zamontowany jest statyw na ekran i obiekty, których hologram chcemy stworzyć. Stojak powstał za pomocą druku 3D z zaprojektowanego modelu.

Efektom projektu są wyraźne i głębokie hologramy optyczne, jednak z powodu drgań i bąbli na folii pojawiły się skazy. Układ ma potencjał do rozwoju, aby uzyskać jeszcze lepsze wyniki.

Simulations of spin decoherence and its mitigation in quantum dots

Kajetan Ksiuk, dr Michał Gawełczyk

Politechnika Wroclawska

Spin qubits in semiconductor quantum dots constitute a promising platform for quantum information processing due to their long coherence times and compatibility with optical and electrical control schemes. However, their performance is fundamentally limited by decoherence processes arising from interactions with the environment, in particular the coupling to nuclear spins, which leads to loss of quantum information. In spin ensembles, inhomogeneous dephasing can be effectively mitigated using refocusing techniques such as spin-echo sequences, where a global π -rotation reverses the evolution and restores coherence. In contrast, in a single-spin system, homogeneous pure dephasing due to entangling interaction with the environment cannot be easily mitigated. In addition, decoherence

induced by the slowly changing Overhauser field created by nuclear spins is exhibited through the average infidelity of quantum gates applied to the system. It is challenging, as it involves an unknown and slowly varying unwanted component of the magnetic field acting on the spin. Here, we present numerical simulations of these three distinct spin decoherence mechanisms in both single-spin and spin ensemble quantum dot systems, together with strategies for their mitigation. As expected, for spin ensembles with inhomogeneous dephasing, we find that simple π -pulse refocusing restores the initial state by reversing the accumulated phase mismatch. The same approach fails in a simulation of a single spin interacting with an environment. For the case of single-spin control affected by the Overhauser field, we model the problem with a quasi-static random magnetic-field contribution to the Hamiltonian and investigate pulse sequences designed to overcome its effect. We describe the spin system with the Zeeman Hamiltonian, and simulate the evolution using a Master equation. For inhomogeneous dephasing, we perform ensemble averaging. To simulate entangling interaction with the environment, we use a Lindblad dissipator describing the system's nonunitary dynamics. To describe the impact of the Overhauser field, we add to our system a random magnetic field component. In the latter setup, we simulate spin rotation and evaluate the average infidelity. We test sequences of spin-control pulses designed to counteract the effect of the Overhauser field. For a specific scenario of constant-tilt spin rotation axis, we analytically determine the minimum number of pulses required to perform the desired rotation while cancelling the leading-order error, given the number of degrees of freedom in the problem. Further, we find conditions defining a proper pulse sequence and check its performance numerically. Our results demonstrate the difference between various types of decoherence: inhomogeneous dephasing in spin ensembles, homogeneous dephasing of a single spin coupled to its environment, and gate infidelity due to quasi-static magnetic noise. This diversity highlights the necessity of specific optimal control techniques in each case. These findings might help to find strategies to mitigate errors in the control of spin qubits, with benefits for scalable quantum information processing in quantum dot architectures.

Vectorized Quantum Amplitude Arithmetic

Jan Gers, Adam Bednorz

Uniwersytet Warszawski

Arithmetic on quantum computers is predominantly performed by encoding the binary representation of numbers in basis states. The main pitfalls of this approach are the qubit count scaling with number precision and the prohibitive complexity of floating-point operations on NISQ computers. In this work, we propose an alternative approach: encoding numbers in the amplitudes of basis states, accompanied by algorithms for addition and multiplication and a framework for constructing arithmetic oracles. Our approach allows for storing 2^n real numbers in an n -qubit register and applying basic operations to all of them in parallel, effectively implementing vectorized operations on quantum data.

Analiza porównawcza tomograficznych metod rekonstrukcji stanu kwantowego i uczenia maszynowego

Ivan Davydenko, Sofia Kokhanska

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza

W literaturze naukowej opisano szereg podejść do rekonstrukcji stanów kwantowych. Klasyczna inwersja liniowa cechuje się dużą szybkością obliczeniową, lecz często prowadzi do nie-fizycznych macierzy stanu.[2] Metoda maksymalnej wiarygodności gwarantuje fizyczność rozwiązania poprzez zastosowanie procedur optymalizacyjnych, kosztem zwiększonego nakładu obliczeń.[3] Jednym z

najbardziej rozwiniętych podejść jest rekonstrukcja Bayesowska, która traktuje stan jako rozkład prawdopodobieństwa i umożliwia uzyskanie zarówno najlepszego estymatora, jak i pełnej informacji o niepewnościach rekonstrukcji.[4] Problem ten nabiera szczególnego znaczenia w sytuacjach, gdy dostępna liczba pomiarów jest ograniczona i konieczne jest maksymalne wykorzystanie dostępnej informacji eksperymentalnej.

W ostatnich latach obserwuje się dynamiczny rozwój metod rekonstrukcji opartych na technikach uczenia maszynowego. Modele regresyjne i sieci neuronowe uczone na danych syntetycznych oraz eksperymentalnych umożliwiają odwzorowanie mapy pomiar–stan kwantowy.[5] Wstępne badania wskazują, że podejścia te mogą przewyższać klasyczne metody pod względem szybkości obliczeń, odporności na szумы oraz skalowalności do systemów wielokubitowych.

W danej pracy przedstawimy porównawczą analizę skuteczności wybranych metod rekonstrukcji stanów kwantowych światła laserowego w obecności ograniczonej liczby danych pomiarowych oraz różnych typów szumów eksperymentalnych. Skupimy się wokół badania odporności wybranych metod na szумы oraz prawdopodobieństwa uzyskania wyników nie-fizycznych. Metodą badawczą jest symulacja pomiarów z dodanymi szumami do sprawdzenia metod rekonstrukcji na dużej próbie danych oraz porównanie wyników teoretycznych z eksperymentem na świetle laserowym.

Literatura

1. Dowling, J.P., Milburn, G.J., Quantum Technology: The Second Quantum Revolution, Proc. R. Soc. A, 2003.
2. Smolin, J.A., Gambetta, J.M., Smith, G., Efficient method for computing physical density matrices, Phys. Rev. Lett. 108, 2012.
3. Hradil, Z., Quantum-state estimation, Phys. Rev. A 55, 1997.
4. Blume-Kohout, R., Optimal, reliable estimation of quantum states, Nat. Phys. 6, 2010.
5. Torlai, G. et al., Neural-network quantum state tomography, Nat. Phys. 14, 2018."

3.4 Fizyka Teoretyczna / Obliczeniowa

Finding the "Perfect Swish": Using a PINN to Optimise the Physics of a Basketball Shot

Adam Franciszek Wojtowicz, Marcel Wojniewski

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza, SKNF "Bozon"

Neural networks have increasingly become crucial to scientific discovery, driving advancements in material synthesis, pharmacology, and meteorological forecasting. Within this domain, Physics-Informed Neural Networks (PINNs) represent a specialized class of machine learning architectures. By embedding physical laws—typically formulated as partial differential equations—directly into the learning framework, PINNs provide a robust approach to addressing complex, high-dimensional real-world challenges. In this study, a PINN architecture was implemented to model the trajectory of a basketball, incorporating aerodynamic drag into the governing physical equations. The model was designed to optimize the initial velocity vector required for a successful shot, given the coordinates of the player on the basketball court. The primary objective of the algorithm was to identify initial conditions for a successful field goal. Beyond accuracy, the model was optimized to maximize the vertical component of the initial velocity—increasing the arc to minimize the probability of a defensive block—while simultaneously minimizing the total velocity magnitude to reduce the required physical effort from the shooter. This work serves as a foundational baseline for the development of

more robust kinematic PINN models. Future iterations will integrate player parameters—including height and wingspan—to provide a detailed simulation of energy expenditure in jump-shooting. By coupling biomechanics with physics and machine learning, this research aims to refine sports performance diagnostics and personalized athletic training protocols.

Neural Networks for the Quantum Ground State: An NQS Approach to the 2D Transverse-Field Ising Model

Izabela Minowska

Politechnika Wroclawska

This study investigates the ground state properties of the 2D Ising model using Neural Quantum States (NQS) within the NetKet framework. By employing a Restricted Boltzmann Machine (RBM) as a variational ansatz, the research examines how tuning the transverse magnetic field drives the system’s quantum behavior across various lattice sizes. The analysis focuses on characterizing the phase transition from a ferromagnetic to a paramagnetic state, specifically by calculating magnetization and spin-spin correlation functions. The results demonstrate the RBM’s capacity to capture many-body correlations and provide a precise description of the transition through finite-size scaling. This approach underscores the efficiency of neural-network-based methods in simulating quantum spin systems where exact diagonalization techniques face exponential complexity.

Exploring Quantum Spin Liquid Phases in Frustrated Heisenberg Ladders: A DMRG Study

Radosław Preisler

Politechnika Wroclawska

The search for quantum spin liquids (QSLs) and exotic phases drives the exploration of low-dimensional quantum systems. Frustration, often induced by competing interactions or specific lattice geometries, serves as a key factor in stabilizing these highly entangled, nontrivial states. In this work, we propose and study a new frustrated system that could be a QSL candidate: coupled staggered-bond Heisenberg chains. These chains have alternating ferromagnetic (F) and antiferromagnetic (AF) interactions, with a phase shift between them. To study this model, we use the density-matrix renormalization group (DMRG) method. The current study is limited to a two-leg ladder. By evaluating order parameters and computing observables such as the energy gap or entanglement entropy, we aim to construct a phase diagram for this model. Furthermore, we investigate the interplay between rung coupling and staggered leg interactions to understand how this frustration mechanism drives the system into different states.

Topological phase transition from cyclic to tree structures in evolving transport networks

Victoria Vasileuskaya, Piotr Szymczak

Uniwersytet Warszawski

Transport networks in nature — such as vascular systems, river basins, and plant xylem — often adapt their structure in response to external flow stimuli. This work investigates the topological transition between cyclic and tree-like configurations in such adaptive networks. Using a model based on the Hagen–Poiseuille equation coupled with a conductivity adaptation law, we simulate network evolution under steady-state flow. A critical transition is identified at the feedback exponent $= 1.0$, where the system shifts from a highly redundant, looped structure to an acyclic, tree-like topology.

We analyze the emergent geometries and their statistical properties, providing insights into how local adaptation rules drive global organization. The findings offer insights into the optimization and robustness of transport systems and have potential applications in the design of human-made infrastructure networks.

3.5 Astronomia

Star Localization via Deep Detection and Geometric Matching

Natalia Kowalczyk, Gabriela Pyda

AGH University of Krakow

This work presents a hybrid pipeline for star field localization based on YOLO11n stellar detection and triangle-invariant geometric matching. The study focused on a restricted sky region defined by RA 6h00m–8h20m and Dec $+10^\circ$ to $+35^\circ$, corresponding mainly to Gemini and neighboring fields. Annotated training and evaluation data were prepared by combining SDSS imagery with Gaia stellar information. After detection, star centers were converted into geometric features and matched against a catalog-derived reference index containing 903 frames, 14,437 stars, and 21,696 indexed triangles. Testing on 118 images yielded 18 OK matches, 92 weak matches, and 8 failures. The method therefore provides a working proof of concept for combining deep detection with classical geometric localization, while also revealing current limitations in match confidence and robustness.

Skrajności w krzywych blasku, czyli co fotometria mówi o Wszechświecie

Julia Raba, Wanesa Kaszewska

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UMK

Fotometria jest jedną z najstarszych technik obserwacyjnych, która wciąż pozostaje fundamentem współczesnej astrofizyki. Dzięki analizie krzywych blasku pozwala na zrozumienie procesów zachodzących w skrajnie różnych środowiskach Wszechświata.

Opierając się na naszych pracach licencjackich, zaprezentujemy, jak podobne techniki redukcji i analizy danych pozwalają z jednej strony wyznaczać parametry fizyczne i poszukiwać kolejnych ciał w kompaktowych układach egzoplanetarnych, a z drugiej badać fizykę dysków akrecyjnych i przepływ materii podczas superwybuchów nowych karłowatych.

Analizę opieramy głównie na zestawieniu danych z kosmicznego teleskopu TESS oraz obserwacji naziemnych z obserwatorium w Piwnicach.

3.6 Fizyka Jądrowa / Środowiskowa

Magnetyczny rezonans jądrowy w zerowym i niskim polu magnetycznym

Aleksy Głuchow

Uniwersytet Jagielloński

Magnetyczny rezonans jądrowy (NMR) jest jedną z najważniejszych metod spektroskopowych wykorzystywanych w chemii, biologii i fizyce. Tradycyjne techniki NMR wymagają stosowania silnych pól magnetycznych, co wiąże się z wysokimi kosztami oraz koniecznością użycia złożonej aparatury. Alternatywą jest NMR w zerowym i ultraniskim polu magnetycznym (ZULF NMR), który umożliwia rejestrację sygnałów rezonansu magnetycznego jąder w warunkach bliskich zeru pola magnetycznego.

ZULF NMR eliminuje potrzebę stosowania silnych magnesów, wykorzystując precyzyjną kontrolę słabych pól magnetycznych oraz detekcję sygnału za pomocą bardzo czułych magnetometrów,

takich jak magnetometry optyczne czy urządzenia typu SQUID. Pozwala to na prowadzenie badań spektroskopowych w warunkach niedostępnych dla klasycznego NMR.

W reżimie ultraniskich pól sygnały rezonansowe są wytwarzane przez oddziaływania spin-spin pomiędzy jądrami. Kluczową cechą ZULF NMR jest możliwość badania sprzężeń spinowych w układach molekularnych bez dominującego wpływu zewnętrznego pola magnetycznego.

Dzięki relatywnie niskim kosztom aparatury oraz potencjałowi miniaturyzacji, ZULF NMR stanowi atrakcyjną alternatywę dla konwencjonalnych systemów NMR. Rozwój tej technologii może przyczynić się do szerszego zastosowania spektroskopii NMR w obszarach dotychczas ograniczonych przez wysokie wymagania techniczne i finansowe.

Radiochemiczne oznaczanie uranu w wodach Islandii z zastosowaniem chromatografii ekstrakcyjnej i pomiarów ciekłoscyntylacyjnych (LSC)

Dawid Baron¹, Alicja Jagielska¹, Urszula Kasprzyk¹, Daria Klimaszewska¹, Natalia Michalik¹, Marcin Momot¹, Piotr Mróz¹, Kamil Raszka³, Witold Rudziński¹, Jakub Bartyzel¹, Filip Jędrzejek², Beata Ostachowicz¹, Katarzyna Szarłowicz²

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

² Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Wydział Energetyki i Paliw, Kraków,

³ Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk, Kraków

Wody geotermalne Islandii stanowią charakterystyczny element środowiska naturalnego, powstający w wyniku intensywnych procesów hydrotermalnych zachodzących w podwyższonych temperaturach. W takich warunkach dochodzi do uruchamiania naturalnych radionuklidów, w tym radioizotopów uranu, co budzi zainteresowanie zarówno z punktu widzenia naukowego, jak i oceny bezpieczeństwa ich użytkowania. Szczególne znaczenie ma to w kontekście powszechnego wykorzystywania tych wód w celach rekreacyjnych oraz dużej liczby turystów odwiedzających Islandię. Celem pracy było oznaczenie zawartości uranu w wybranych wodach geotermalnych pochodzących z obszarów Islandii o zróżnicowanych warunkach geologicznych. Obiekt badawczy stanowiły próbki wód pobrane zarówno w popularnych miejscach kąpielowych, jak i w lokalizacjach mniej eksploatowanych turystycznie. W badaniach zastosowano metodykę analityczną opartą na chromatografii ekstrakcyjnej, umożliwiającą selektywne wydzielenie uranu z badanej matrycy. Pomiarów dokonano za pomocą licznika ciekłoscyntylacyjnego (LSC). Zastosowana procedura pozwoliła na wiarygodne oznaczanie uranu nawet przy bardzo niskich stężeniach oraz na ograniczenie wpływu potencjalnych interferencji. Uzyskane wyniki wskazują na wyraźne zróżnicowanie stężenia promieniotwórczego uranu w badanych wodach geotermalnych w zależności od lokalizacji. Oznaczone aktywności mieściły się w zakresie od $14,2 \pm 2,3$ do 258 ± 10 mBq \cdot kg⁻¹ co może odzwierciedlać lokalne uwarunkowania geochemiczne poszczególnych systemów geotermalnych. W większości próbek zaobserwowano niskie stężenia promieniotwórcze uranu, natomiast podwyższone wartości występowały sporadycznie i pozostawały istotnie poniżej poziomów referencyjnych przyjmowanych dla wód przeznaczonych do spożycia. Oszacowane dawki skuteczne od spożycia wód, w których jest obecny uran pozostają na bardzo niskim poziomie. Przy założeniu spożycia 1 L wody rocznie przez turystę wyznaczone dawki osiągają maksymalnie wartości rzędu 0,01 Sv. Są to dawki wielokrotnie niższe od dawek, otrzymywanych od radionuklidów pochodzenia naturalnego. Dla porównania, według danych Państwowej Agencji Atomistyki średnia roczna dawka skuteczna dla mieszkańca Polski w 2024 roku wyniosła 4,86 mSv, w tym 2,55 mSv od źródeł naturalnych. Przeprowadzona analiza wskazuje, że wykorzystanie wód geotermalnych do celów rekreacyjnych na badanych obszarach nie wiąże się z istotnym zagrożeniem radiologicznym. Nawet w przypadku dłuższej ekspozycji dawki promieniowania jonizującego pozostają znikome w porównaniu z naturalnym tłem. Otrzymane wyniki stanowią istotny wkład w ocenę bezpieczeństwa środowiskowego oraz mogą służyć jako źródło informacji dla osób korzystających z zasobów geotermalnych Islandii.

Modelowanie transportu neutronów oraz generacji i depozycji cząstek alfa w układach warstwowych Be–C–Li

Marcin Momot

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

W pracy przedstawiono numeryczne modelowanie transportu neutronów oraz generacji i depozycji cząstek alfa w wielowarstwowych strukturach zbudowanych z berylu, węgla i litu. Praca stanowi element szerszej koncepcji dodatkowego wykorzystania energii neutronów w reaktorach termojądrowych typu tokamak, opracowanej na przykładzie ITER. Zbudowano model obliczeniowy oparty na metodzie Monte Carlo, umożliwiający symulację oddziaływań neutronów w ośrodkach niejednorodnych z uwzględnieniem energetycznych przekrojów czynnych oraz anizotropii rozpraszania, przy użyciu bazy danych Evaluated Nuclear Data File (ENDF/B-VIII.1). Szczególną uwagę poświęcono reakcjom prowadzącym do emisji cząstek alfa oraz analizie ich przestrzennego rozkładu i depozycji energii w strukturze materiałowej z wykorzystaniem bazy NIST ASTAR do wyznaczenia zasięgu i strat energii cząstek alfa w materiałach. Przeprowadzono analizę wpływu grubości warstw, składu materiałowego oraz widma energetycznego neutronów na wydajność generacji cząstek alfa i profile depozycji energii. Wyniki pozwoliły na oszacowanie wydajności koncepcji dodatkowego wykorzystania energii neutronów w reaktorach fuzyjnych. Opracowane narzędzie stanowi podstawę autorskiej biblioteki obliczeniowej do symulacji transportu neutronów i cząstek naładowanych w układach wielowarstwowych, uwzględniającej efekty self-shielding oraz poszerzenie dopplerowskie przekrojów czynnych.

3.7 Fizyka medyczna / Biofizyka

Electron-induced fragmentation and ionization of saturated heterocyclic molecules investigated by electron-collision spectroscopy with quadrupole mass spectrometric detection

Zuzanna Kabak, Justyna Jankowska, Michał K. Jurkowski, Tomasz J. Wasowicz

Politechnika Gdańska

Piperidine, a saturated heterocyclic molecule commonly found in pharmaceuticals and biologically active compounds, serves as an important model for studying radiation-induced processes. Its response to electron impact provides insight into mechanisms relevant to both medicinal chemistry and molecular radiation damage. Thus, its ionization and fragmentation were examined in this study using electron-collision spectroscopy in combination with quadrupole mass spectrometric detection. The experiment involved crossing an electron beam with a beam of piperidine under controlled conditions, enabling the formation of ionic species through electron impact. The resulting ions were extracted from the interaction region and analyzed according to their mass-to-charge ratios. This allowed the acquisition of electron-impact mass spectra and the identification of major ionic fragments. Quantitative information was obtained by evaluating relative ion yields corresponding to the dominant fragmentation channels. Additionally, appearance energies of selected fragment ions were determined, which provides valuable information about the energetics of possible dissociation pathways. This study contributes to a more detailed understanding of electron-driven processes in piperidine and more general in saturated heterocyclic systems and supports the interpretation of radiation-induced transformations in molecules of biological and pharmacological importance.

Od wzbudzenia molekularnego do fotochemii rodopsyny: Cząsteczka I jako model biofizyczny

Aleksandra Oświęcimka

Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej

Celem pracy była analiza wzbudzenia molekularnego cząsteczki jodu I na podstawie widma absorpcyjnego oraz interpretacja jego znaczenia jako prostego modelu biofizycznego. W pracy zastosowano metodę spektroskopii absorpcyjnej, umożliwiającą obserwację przejść elektronowo-wibracyjnych oraz opracowanie numeryczne danych widmowych. Wyznaczono parametry opisujące stany wzbudzone cząsteczki, w szczególności stałą dysocjacji, i dokonano oceny anharmoniczności poziomów energetycznych, co pozwala zrozumieć mechanizm absorpcji fotonu i przekazywania energii w cząsteczce.

W badanym układzie wzbudzenie o odpowiednio wysokiej energii prowadzi do dysocjacji cząsteczki, która stanowi konsekwencję tego wzbudzenia. Mechanizm ten można zestawić z analogicznymi procesami w systemach biologicznych, na przykład z fotoindukowaną izomeryzacją retinalu w rodopsynie, gdzie również obserwuje się wzbudzenie molekularne. Proces ten jest jednak bardziej złożony, gdyż prowadzi następnie do zmiany konfiguracji cząsteczki i aktywacji białka.

Obserwowane podobieństwa wskazują, że podstawowe zasady wzbudzenia molekularnego są wspólne dla układów w przyrodzie, a model I₂ pozwala zrozumieć mechanizmy inicjowane światłem w biofizyce.

Wpływ Kolchicyny i Paklitakselu na strukturę mikrotubul w komórkach nowotworowych U2OS

Mikołaj Gedl

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński

Mikrotubule, zaraz obok włókien aktynowych i włókien pośrednich stanowią jeden z trzech głównych typów włókien cytoszkieletu. Stanowią kluczową rolę w wielu podstawowych procesach komórkowych, takich jak organizacja organelli, dostarczanie pęcherzyków czy tworzenie wrzeciona kariokinetycznego, niezbędnego do prawidłowego podziału komórki. Są strukturą ulegającą ciągłym przebudowom, na skutek powstających potrzeb komórkowych. Zachowanie tej płynności jest kluczową rolą w fizjologicznym funkcjonowaniu komórek, a więc równie ważnym jest sprawdzenie jak różne inhibitory Mikrotubul wpływają na ich rozłożenie przestrzenne w komórce. Celem tej pracy było wizualne określenie zmian, jakie dwa wybrane inhibitory - Kolchicyna oraz Paklitaxel - wywołują na włókna mikrotubul w cytoszkielecie komórek nowotworowych U2OS. Komórki inkubowano w standardowych warunkach (37°C, 5% CO₂), a następnie wysiano na szklane szalki wcześniej pokryte fibronektyną. Po krótkiej inkubacji do szalek dodawano roztwór inhibitorów, a następnie inkubowano 1 godzinę. Komórki utrwalano i wybarwiano α -tubulinę barwieniem immunofluorescencyjnym. Tak przygotowane preparaty obrazowano pod mikroskopem konfokalnym, zbierając skany 3D wybranych komórek. Zaobserwowano wyraźne zmiany w strukturze przestrzennej Mikrotubul, w tym ich prawie całkowitą depolimeryzację. Otrzymane wyniki potwierdzają działanie wybranych inhibitorów i otwierają drogę do dalszych badań w tym kierunku.