

Wenusjańskie anomalie atmosferyczne i poszukiwanie życia w chmurach Wenus

Janusz J. Pętkowski

Streszczenie

Naukowcy spekulują na temat Wenus jako planety nadającej się do zamieszkania od ponad pół wieku. W chmurach Wenus na wysokości 48-60 km nad piekielną powierzchnią planety temperatura i ciśnienie są podobne do ziemskich. Hipoteza, że chmury Wenus mogą być zamieszkałe przez *stricte* powietrzną biosferę została niedawno wzmocniona przez potencjalne wykrycie fosfiny w atmosferze Wenus. Fosfina nie jest jednak jedyną anomalią, która sugeruje bardzo nietypowe procesy chemiczne w chmurach, a może nawet obecność żywych organizmów. Obecność takich anomalii chemicznych wysunęła się na pierwszy plan dzięki niedawnym wysiłkom na rzecz ponownej analizy i interpretacji danych zebranych dekadę temu przez sondy Pioneer i Wenera.

Nowa interpretacja anomalii w chmurach Wenus sugeruje, że chmury nie

są w całości zbudowane ze stężonego kwasu siarkowego, ale częściowo z soli amonowych, które mogą być wynikiem biologicznej produkcji amoniaku w kropelkach chmur. W rezultacie chmury nie są bardziej kwaśne niż niektóre środowiska lądowe zamieszkałe przez życie na Ziemi. Nowy model wyjaśnia wiele anomalii atmosferycznych, które pozostawały niewyjaśnione od dekad, m.in. obserwowane profile ilości SO_2 i H_2O , obecność O_2 w warstwach chmur i potencjalne istnienie cząstek chmur zaklasyfikowanych jako tzw. „Mode 3”. Co więcej, przewidywania nowego modelu chmur dotyczące ilości gazów w atmosferze Wenus lepiej pasują do obecnych danych obserwacyjnych niż przewidywania jakiegokolwiek poprzedniego modelu i są łatwe do przetestowania.

Wysłanie astrobiologicznych misji na Wenus może potwierdzić lub obalić

{CIAĞ DALSZY NA S. 6}

W NUMERZE

między innymi:

- *Wenusjańskie anomalie atmosferyczne i poszukiwanie życia w chmurach Wenus* – dr Janusz Pętkowski (s. 1, dokończenie s. 6)
- *Inżynieria biomedyczna i fizyka medyczna wobec wyzwań współczesnej fizjologii sportu* – dr Monika Petelczyc (s. 1, dokończenie s. 20)
- *Zbiory Julii dla funkcji meromorficznych i słabo odpychające punkty stałe* – prof. Bogusława Karpińska (s. 12)
- *Wyzwania, szanse, zamierzenia* – prof. Jan Słyk (s. 17)
- *Geneza i stabilność symetrii* – tłum. tekstu René Thoma (s. 23)
- *Kryzys kadrowy w dziedzinie technologii półprzewodnikowej* – prof. Jerzy Rużyłło (s. 28)

INŻYNIERIA BIOMEDYCZNA I FIZYKA MEDYCZNA WOBEC WYZWAŃ WSPÓŁCZESNEJ FIZJOLOGII SPORTU

Monika Petelczyc

Projekt dydaktyczny

Współczesna medycyna stoi przed ogromnymi wyzwaniami, które niosą choroby cywilizacyjne. Z perspektywy utworzonego w wyniku grantu dydaktycznego Laboratorium Wysiłku Fizycznego, dwa zagrożenia zdrowotne są kluczowe: otyłość oraz choroby układu krążenia. Pandemia COVID-19 ich znaczenie jeszcze zwiększyła. Zgodnie z doniesieniami Polskiego

{CIAĞ DALSZY NA S. 20}

DZIAŁALNOŚĆ CENTRUM STUDIÓW ZAAWANSOWANYCH PW

czyli najważniejsze wydarzenia i najbliższe plany CSZ PW

PROFESOROWIE WIZYTUJĄCY

W dniu 16.09.2022 r. Centrum Studiów Zaawansowanych gościło profesor Marię Chudnovsky z Wydziału Matematycznego Uniwersytetu w Princeton.

Maria Chudnovsky jest matematyczką zajmującą się teorią grafów i optymalizacją kombinatoryczną. Otrzymała w 2012 stypendium MacArthura.

Jest współautorką pierwszego wielomianowego algorytmu rozpoznawania grafów doskonałych oraz z Neilem Robertsonem, Paulem Seymourem i Robinem Thomasem dowodu silnego twierdzenia o grafach doskonałych.

Również jesienią, gościem Centrum był profesor Federico Sánchez Bringas z Universidad Nacional Autónoma de México – matematyk specjalizujący się w geometrii.

ENHANCE EU

20.09.2021 roku gościliśmy w Centrum Naveeda Syeda, sekretarza generalnego w ENHANCE EU oraz dyrektora Centrum Współpracy Międzynarodowej PW, mgr Grzegorza Robaka.

European Universities of Technology Alliance (ENHANCE), to konsorcjum siedmiu europejskich uczelni wyższych, będących czołowymi uczelniami technicznymi w następujących krajach: Polsce (Politechnika Warszawska), Niemczech (Politechnika w Berlinie, Politechnika w Akwizgranie), Szwecji (Uniwersytet Techniczny Chalmersa w Göteborgu), Norwegii (Norweski Uniwersytet Naukowo-Techniczny w Trondheim), Włoszech (Politechnika w Mediolanie) i Hiszpanii (Politechnika w Walencji).

Tematem spotkania było przedstawienie profilu działalności Centrum Studiów Zaawansowanych w kontekście planowanej współpracy uczelni stowarzyszonych w konsorcjum, w środowisku międzynarodowym.

KONWERSATORIUM PW

Po dłuższej przerwie, wymuszonej pandemią Covid-19, mogliśmy powrócić do tradycyjnych spotkań i odczytów w ramach Konwersatorium Politechniki Warszawskiej, odbyły się m.in.:

23 czerwca 2022 r. – Dr Janusz Pętkowski Massachusetts Institute of Technology (USA), odczyt pt. *Wenusjańskie anomalie atmosferyczne i poszukiwanie życia w chmurach Wenus*.

24 listopada 2022 r. – Prof. Marek Konarzewski, Prezes Polskiej Akademii Nauk, biolog na Uniwersytecie w Białymstoku, odczyt pt. *Moja przygoda z nauką*.

KONWERSATORIUM PW – SCIENTIA SUPREMA

W ramach Konwersatorium PW – Scientia Suprema, 21.11.2022 r. prof. M. Stanley Whittingham, laureat Nagrody Nobla w dziedzinie chemii, wziął udział w spotkaniu pt. *How the new energy sources impact technical civilization?*

Profesor M. Stanley Whittingham jest brytyjskim chemikiem. W 2019 roku, wraz z Johnem B. Goodenoughem i Akirą Yoshino, otrzymali Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii za prace nad akumulatorami litowo-jonowymi. Jego pobyt na Politechnice Warszawskiej był związany z odebraniem wyróżnienia honoris causa naszej uczelni.

KONWERSATORIUM PW – TOPTECHNIKA

Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej we współpracy z Wydziałem Matematyki i Nauk Informatycznych PW, było gospodarzem wykładu pt. *Machine Learning and Logic: Fast and Slow Thinking*, który wygłosił Moshe Y. Vardi, izraelski matematyk i informatyk z Uniwersytetu Rice'a w Stanach Zjednoczonych. Spotkanie odbyło się zdalnie 12 grudnia 2022 r.

W kontekście sztucznej inteligencji, uczeniu maszynowemu i logice

odpowiadają dwa tryby ludzkiego myślenia: szybki i wolny. Dzisiejsze wyzwanie polega na zintegrowaniu paradygmatów opartych na modelach oraz danych. Prof. Moshe Y. Vardi przedstawił jedno podejście do takiej integracji – uczynienie logiki bardziej ilościową.

WYKŁADY UOD CSZ PW

W Uczelnianej Ofercie Dydaktycznej Centrum Studiów Zaawansowanych PW w roku akademickim 2021/2022 zorganizowano 10 wykładów podstawowych oraz 10 specjalnych, także w formie laboratoriów. W wykładach uczestniczyło kilkaset osób, głównie doktorantów PW.

Słuchacze mieli możliwość wyboru spośród różnorodnej oferty tematycznej, zarówno kontynuacji jak i nowości:

1. *Elementy mechaniki analitycznej*, prof. Piotr Przybyłowicz;
2. *Równania różniczkowe cząstkowe dla inżynierów*, dr hab. Tomasz Cieślak;
3. *Przypadkowość, chaos, przewidywalność /Randomness, Chaos, Predictability*, prof. Marek Kuś;
4. *Geny, GMO i Genetyka*, prof. Ewa Bartnik;
5. *Wprowadzenie do uczenia maszyn*, prof. Władysław Homenda;
6. *Wstęp do algorytmicznej teorii grafów*, prof. Zbigniew Lonc;
7. *Zagadki istnienia innych światów we Wszechświecie*, prof. Kazimierz Stępień;

8. *Elementy modelowania statystycznego*, dr hab. inż. Anna Dembińska;
9. *Wprowadzenie do teorii osobliwości / Introduction to singularity theory*, prof. Stanisław Janeczko;
10. *Iluzja Wiedzy i Granice Poznania*, prof. Stanisław Janeczko
11. *Kochaj bliźniego jak siebie samego – potęgą ludzkiej iluzji dającej siłę*, dr Leszek Mellibruda;
12. *Rozmowy i rozmowienia (spotkania seminaryjne)*, prof. Stanisław Janeczko;
13. *Zarządzanie działalnością i środowiskiem badawczym*, dr hab. inż. Janusz Zawila-Niedźwiecki – koordynacja;
14. *Jak wydobyć potencjał twórczy grupy? Techniki pracy twórczej w grupie*, dr Bartłomiej Skowron;
15. *7 psychologicznych „cudów” behawioru racjonalnego człowieka*, dr Leszek Mellibruda;
16. *Laboratorium: w poszukiwaniu terazniejszości*, mgr inż. Barbara Majerska, mgr inż. Aleksandra Przywózka;
17. *Katastrofa Klimatyczna – między fizyką a biologią, ekonomią i psychologią*, Dariusz Aksamit – koordynacja;
18. *Zarządzanie przedsiębiorstwem inteligentnym w Gospodarce 4.0*, prof. Mieczysław Morawski;
19. *Rozmowy i Rozmowienia – wykłady seminaryjne*, prof. Stanisław Janeczko;
20. *Współczesne zarządzanie dla inżynierów i naukowców*, dr hab. inż. Janusz Zawila-Niedźwiecki – koordynacja.

*) Szczegółowy wykaz przedmiotów znajduje się na stronie www.konwersatorium.pw.edu.pl/oferta, dostępnej również ze strony Centrum – www.csz.pw.edu.pl.

Uczelniana Oferta Dydaktyczna
semestr letni 2019-2020
Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej

wykłady specjalne

SL1	Konstrukcja Modeli Statystycznych z Pakietem R 15h dr hab. Anna Dembińska (PW)
SL2	Wniośnikowe Statystyczne z Pakietem R 15h dr hab. Anna Dembińska (PW)
SL3	Wybrane zagadnienia termodynamiki technicznej 15h prof. Tomasz Widniewski (PW)
SL4	Jak wydobyć potencjał twórczy grupy? Techniki pracy twórczej w grupie 15h dr Bartłomiej Skowron (PW)
SL5	Psychologia zarządzania dla Inżynierów 30h dr Leszek Mellibruda (Katedra Systemów i Metod Psychologia Biznesu)
SL6	Wpływ techniki i technologii na zarządzanie 15h dr hab. inż. Janusz Zawila-Niedźwiecki (PW)
SL7	Wstęp do mechaniki kwantowej 15h dr Andrzej Dragan (IW)
SL8	Rozmowy i rozmowienia – wykłady seminaryjne 30h prof. Stanisław Janeczko (PW)

wykłady podstawowe

L1	Matematyczna Struktura Czasu i Przestrzeni i Wstęp do Operacji Teorii Względności 30h prof. Jerzy Kijowski (CFI PAN)
L2	Równania Różniczkowe Zwyczajne 30h prof. Wojciech Kozłowski (PW)
L3	Teoria drgań 30h prof. Piotr Przytyłowski (PW)
L4	Geny, GMO i Genetyka 30h prof. Iwona Bartnik (IW)

zapisz sobie aktualną informację na temat wykładów:
www.konwersatorium.pw.edu.pl/oferta

Politechnika Warszawska
Centrum Studiów Zaawansowanych
POLITECHNIKA WARSZAWSKA

WYDAWNICTWA

W maju 2022 roku ukazała się kolejna książka w serii CAS Textbooks – nauki ścisłe autorstwa prof. Leszka Adamowicza pt. *Mechanika kwantowa – na skróty od klasyki do współczesności*.

Publikacje CSZ, w tym liczne książki naukowe, można nabyć w księgarniach Oficyny Wydawniczej PW w Gmachu Głównym i przy ul. Noakowskiego 18/20 w Warszawie.

*) Przegląd wszystkich dotychczasowych pozycji można odnaleźć pod adresem: www.csz.pw.edu.pl/Wydawnictwa.

STOWARZYSZENIE SINGULARIS

2 czerwca 2022 r. w siedzibie Centrum Studiów Zaawansowanych odbyła się

inauguracja Stowarzyszenia CSZ – SINGULARIS. Celem stowarzyszenia jest integrowanie ludzi związanych z nauką i sztuką, otwartych na przekraczanie barier rzeczywistości i wyłamujących się poza utarte schematy. Jedną z metod działania będzie organizowanie grup wzajemnej inspiracji, zespołów wdrożeniowych i laboratoriów poznawczych. Jak również włączenie do bliskiej integracji młodych adeptów koncepcyjnego rozumienia świata.

Członkowie stowarzyszenia charakteryzują się cechami tj.: otwarty umysł, kreatywność, twórcza samodzielność, przełamywanie tabu, nieszablonowe widzenie świata.

Inauguracji towarzyszył wernisaż wystawy grafiki Anny Szalwy, młodej artystki – doktorantki PW, uczestniczki wykładów w ramach oferty dydaktycznej CSZ, której aktywne zaangażowanie zaowocowało powstaniem cyklu grafik, zainspirowanych zagadnieniami, poruszonymi na zajęciach u prof. Stanisława Janeczko *Iluzje wiedzy i granice poznania*. Cykl prac nosi nazwę *Przestrzenie iluzji*.

SYMPOZJA CENTRUM STUDIÓW ZAAWANSOWANYCH

Nowe wyzwania kształcenia akademickiego

W dniach 27 – 29 września 2021 r. w Domu Pracy Twórczej w Pałacu w Radziejowicach odbyło się Sympozjum Centrum Studiów Zaawansowanych PW, *Nowe wyzwania kształcenia akademickiego*. Sympozjum zostało zorganizowane w ramach pierwszego konkursu na granty dydaktyczne w Politechnice Warszawskiej – *Innowacje dydaktyczne* – przeprowadzonego przez Centrum Studiów Zaawansowanych PW, w ramach projektu „Inicjatywa doskonałości – uczelnia badawcza” (więcej na s. 11).

Wiosenne warsztaty matematyczne

We współpracy z Wydziałem Matematyki i Nauk Informatycznych PW, Centrum zorganizowało w dniach 12-14 maja 2022 r. *Wiosenne warsztaty matematyczne*. Sympozjum to odbyło się w Ośrodku Wypoczynkowym Politechniki Warszawskiej w Wildze (więcej na s. 11).

Dysocjacje-Integracje

W dniach 12-15 września 2022 r. w Ośrodku Politechniki Warszawskiej w Wildze odbyło się Sympozjum Stowarzyszenia Singularis DYSO-CJACJE-INTEGRACJE. Sympozjum poświęcone było interdyscyplinarnym perspektywom w procesie

SCIENTIA SUPREMA
spotkania inspirowane Nagrodą Nobla w dziedzinie chemii

How the new energy sources impact technical civilization?
prof. Michael Stanley Whittingham

Zapraszamy na spotkanie z laureatem Nagrody Nobla oraz doktoratu honoris causa Politechniki Warszawskiej

21 XI 2022
godzina 18:00

Sala Senatu
Gmach Główny PW
Politechnika Warszawska
Pl. Politechniki 1, Warszawa

www.csz.pw.edu.pl
www.konwersatorium.pw.edu.pl

Wydział Fizyki
Centrum Studiów Zaawansowanych

Cykl otwartych spotkań w Centrum Studiów Zaawansowanych PW

OPEN TIME OF CAS
rozmowy i rozmowienia

PERCEPCJA A OGLĄD ŚWIATA

w spotkaniu wezmą udział:

Andrzej Dragan
Wydział Fizyki
Uniwersytet Warszawski

Jan Fronk
Wydział Biologii
Uniwersytet Warszawski

Stanisław Janeczko
Centrum Studiów Zaawansowanych
Politechnika Warszawska

14 października 2021
godz. 16:15, sala 107

wydział Matematyki i Nauk Informatycznych
Politechniki Warszawskiej
ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

zorganizowały na:
www.csz.pw.edu.pl

Politechnika Warszawska
Centrum Studiów Zaawansowanych



↑ Stuchacze odczytu z serii Konwersatorium PW

rozpoznawania problemów współczesnego świata. (więcej na s. 10)

OPEN TIME OF CAS – Rozmowy i rozumowania

W realizowanym od 2020 roku cyklu *Open time of CAS – Rozmowy i rozumowania*, odbyły się trzy spotkania. Zgodnie z formułą miały one charakter otwarty i były prowadzone zdalnie za pomocą platformy Zoom. Tym razem poruszana tematyka to:

- „Percepcja a ogląd świata”;
- „Myślenie kwantowe jako fundament poznania świata”;
- „Symetria w strukturze Wszechświata, symetria w biologii i fizyce”.

Prelegentami w czasie spotkań byli: prof. Leszek Adamowicz (Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej); dr hab. Andrzej Dragan (Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski); prof. Stanisław Janeczko (Centrum Studiów Zaawansowanych, Politechnika Warszawska); prof. Marek Kuś (Centrum Fizyki Teoretycznej Polska Akademia Nauk).

SIÓDME WYRÓŻNIENIE CENTRUM STUDIÓW ZAAWANSOWANYCH PW

26 kwietnia 2022 roku po raz siódmy przyznano Wyróżnienie Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej, którego motto brzmi *Laus tibi, non tuleris qui vincula mente animoque* – „Chwała Ci za to, że nie pozwoliłeś nałożyć więzów na swój umysł i swego ducha”.

Uroczystość zorganizowana w Sali Senatu Politechniki Warszawskiej była poświęcona Profesorowi Władysławowi

Findeisenowi, Jego Magnificencji Rektorowi Politechniki Warszawskiej w latach 1981-1985. Wydarzenie, poprowadzone przez Dyrektora Centrum Studiów Zaawansowanych profesora Stanisława Janeczko, uświetnił swoim wystąpieniem laudacyjnym na cześć laureata profesor Leon Gradoń, a także reprezentanci władz uczelni: Rektor Politechniki Warszawskiej – profesor Krzysztof Zaremba oraz dziekani: Wydziału Mechatroniki – profesor Gerard Cybulski, Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych – profesor Michał Malinowski oraz Wydziału Elektrycznego – profesor Lech Grzesiak, a także Maja Komorowska, polska aktorka teatralna i filmowa.

INNOWACJE DYDAKTYCZNE

W maju 2022 roku ogłoszono drugi konkurs na granty dydaktyczne w Politechnice Warszawskiej. Program grantów jest realizowany w ramach projektu „Inicjatywa doskonałości – uczelnia badawcza” i przeprowadzany przez Centrum Studiów Zaawansowanych PW. Idea grantów dydaktycznych służy równoważeniu priorytetów rozwojowych Uczelni. W świetle przyjętych założeń proces przyznawania grantów przyczynia się do zbudowania funkcjonujących w sposób ciągły mechanizmów doskonalenia kadry i promowania innowacyjnych praktyk.

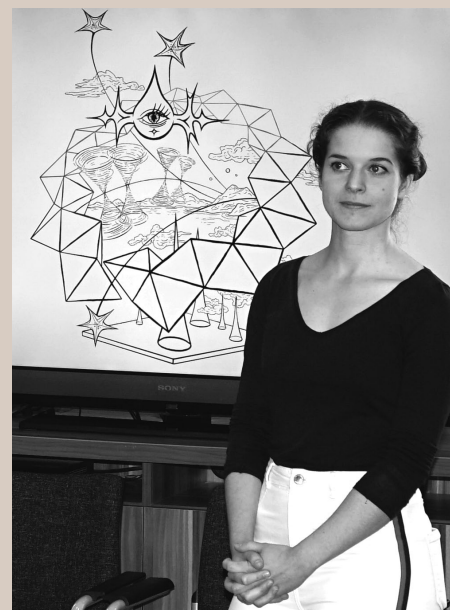
Program skierowany jest do pracowników Politechniki Warszawskiej będących nauczycielami akademickimi, dla których jest ona podstawowym miejscem zatrudnienia. W konkursie wnioskodawca, w rozumieniu kierownik projektu, składa tylko jeden wniosek o finansowanie grantu dydaktycznego.



↑ Dr Janusz Pętkowski

Zbieranie wniosków, wzorem poprzedniego konkursu, odbywało się poprzez formularz dostępny na stronie www.badawcza.pw.edu.pl i zakończyło się 20 czerwca 2022 roku. Wnioski zostały ocenione przez Komisję Konkursową. W wyniku rozstrzygnięcia drugiego konkursu na granty dydaktyczne w PW, Komisja Konkursowa przyznała dofinansowanie 11 projektom. Ich realizacja przypada na rok akademicki 2022/2023

Jesienią 2022 roku zakończyła się realizacja grantów przyznanych na rok akademicki 2021/2022. Wszystkie projekty zostały wykonane i rozliczone. W trakcie ich realizacji Komisja Konkursowa trzykrotnie spotykała się



↑ mgr Anna Szalwa - autorka wystawy grafik otwartej z okazji powołania stowarzyszenia CSZ - Singularis



↑ Prof. Władysław Findeisen

z kierownikami projektów, każdorazowo wysłuchując prezentacji cząstkowych i końcowych nt. postępów prac.

MOBILITY PW

Program Mobility PW został uruchomiony 1 września 2021 r. Jest on realizowany w ramach przedsięwzięcia „Inicjatywa doskonałości - uczelnia badawcza” oraz projektów SEED i PROM PW 2 na zasadach określonych wspólnym regulaminem oraz zgodnych z wytycznymi dla poszczególnych projektów. Program otworzył nowe możliwości ubiegania się o dofinansowanie mobilności naukowych doktorantów i pracowników Politechniki Warszawskiej. Wyjazdy objęte programem nie mogą być krótsze niż 5 dni i dłuższe niż 10 miesięcy.

Realizacja Programu odbywa się poprzez ogłaszanie konkursów ocenianych przez Komisję Konkursową powołaną na okres realizacji Mobility PW. Celem przedsięwzięcia, a co za tym idzie każdego z konkursów jest doskonalenie kompetencji doktorantów i pracowników Politechniki Warszawskiej poprzez udział w aktywnościach zagranicznych, a także stymulowanie wymiany doświadczeń poprzez wizyty cudzoziemców.

Wynikiem każdego postępowania konkursowego jest lista rankingowa stworzona na podstawie ocen wniosków, które wpływają w konkursie. Finansowanie przyznawane jest najwyższej ocenionemu wnioskowi, przy uwzględnieniu środków dostępnych dla poszczególnych typów aktywności. Mobility PW jest koordynowany przez Centrum Studiów Zaawansowanych. Do tej pory ogłoszono pięć konkursów



↑ Spotkanie inauguracyjne dla studentów Studiów ID

i rozstrzygnięto cztery. Finansowanie mobilności przyznano 70 osobom - 41 doktorantom PW, 2 doktorantom zagranicznym i 27 pracownikom PW.

STUDIA ID

Wraz z semestrem zimowym 2022, na Politechnice Warszawskiej zostały uruchomione elitarne, indywidualne studia dla najlepszych kandydatów i studentów - Studia ID. Są one skierowane do kandydatów na I i II stopień studiów stacjonarnych aplikujących na wybrane kierunki dostępne w ofercie uczelnianej. W ramach studiów, PW oferuje studentom indywidualizację drogi kształcenia pod okiem wybitnych nauczycieli akademickich - tutorów. W trakcie całego procesu przewidziane są innowacyjne formy zajęć, wspomagające przyszłych absolwentów w najlepszym dopasowaniu do przyszłych wyzwań zawodowych. (s. 22)

NAJBLIŻSZE PLANY

WYDAWNICTWA

Na ukończeniu są prace nad drugim, zmienionym wydaniem monografii Jerzego Kijowskiego *Geometria różniczkowa jako narzędzie nauk przyrodniczych*.

SYMPOZJUM MATEMATYCZNE CSZ, CBRS i WYDZIAŁU MINI PW

W marcu 2023 r. Centrum Studiów Zaawansowanych wraz z Centrum Badań Ryzyka Systemowego oraz Wydziałem MiNI PW organizuje sympozjum w Chęcinach, w Europejskim Centrum Edukacji Geologicznej Uniwersyte- tu Warszawskiego. Spotkanie będzie

poświęcone zagadnieniom z zakresu matematyki. Do udziału w nim zostali zaproszeni m.in. studenci Wydziału Matematyki i Nauk Informatycznych Politechniki Warszawskiej.

WIOSENNE WARSZTATY CSZ

Warsztaty pt. *Dydaktyka w nauce i technice - nowe metody i kierunki rozwoju* są planowane w kwietniu 2023 r. Uczestniczyć w nich będą m.in. laureaci konkursów na granty dydaktyczne.

15-LECIE CENTRUM STUDIÓW ZAAWANSOWANYCH

2023 jest rokiem jubileuszowym dla Centrum Studiów Zaawansowanych PW. Głównym elementem obchodów ma być uroczystość z udziałem gości specjalnych, która odbędzie się 27 kwietnia 2023 r.

MASTERCLASS

Masterclass *Graph theory and machine learning*, to dwutygodniowy intensywny kurs zaawansowanych technik teorii grafów i sztucznej inteligencji. Realizacja wydarzenia planowana jest w maju 2023 r.

WORKSHOP

W roku 2023 odbędą się dwa warsztaty organizowane we współpracy z Wydziałem Matematyki i Nauk Informatycznych (WUT) oraz Kyushu University (Japonia): *Workshop on Algebraic and Geometric Singularities* 18-22 sierpnia 2023 (Warszawa), *Workshop on Mathematics for Industry*, 25-29 sierpnia 2023 (Warszawa).

hipotezę o istnieniu życia w chmurach tej planety. Nowe misje na Wenus pomogą w uzyskaniu odpowiedzi na wiele pytań dotyczących wenusjańskich anomalii atmosferycznych. Venus Life Finder (VLF, <https://venuscloudlife.com/>) to seria koncepcji misji astrobiologicznych mających na celu poszukiwanie oznak życia w atmosferze Wenus. Wenusjańskie anomalie atmosferyczne i zbadanie składu chemicznego cząstek chmur Wenus są jednymi z głównych celów misji VLF oraz prywatnej misji firmy Rocket Lab.

1. Wstęp

Naukowcy spekulują na temat Wenus jako świata nadającego się do zamieszkania już od ponad pół wieku [1].

W chmurach Wenus na wysokości 48-60 km nad piekielną powierzchnią planety temperatura i ciśnienie są podobne do ziemskich. Hipoteza, że chmury Wenus mogą być zamieszkałe przez powietrzną biosferę, została ostatnio wzmocniona przez potencjalną obecność fosfiny (PH_3) w atmosferze Wenus [2-4]. Obecność fosfiny, choć kontrowersyjna (np. [5]) w ilości paru części na miliard, nie jest wyjaśniona przez żadne znane procesy chemiczne zachodzące na planecie [7,8] (aby zobaczyć podsumowanie aktualnego stanu „debaty fosfinowej” zobacz [6]). PH_3 nie jest jednak jedynym gazem atmosferycznym Wenus, który sugeruje istnienie niewyjaśnionych procesów chemicznych w chmurach i pozostawia miejsce na możliwość występowania życia. Obecność takich niewyjaśnionych anomalii chemicznych wysunęła się na pierwszy plan dzięki niedawnym wysiłkom na rzecz ponownej analizy

i reinterpretacji danych zebranych zarówno przez amerykańską sondę Pioneer, jak i przez radzieckie sondy Wenera [4,9,10].

W tym artykule, wzorując się na [12], dokonuję przeglądu i podsumowania anomalii atmosferycznych Wenus, które zaobserwowano w ciągu ostatniego półwiecza. Występowanie anomalii atmosferycznych i możliwość przetestowania mechanizmów za nimi stojących powinno być jednym z głównych czynników motywujących wysłanie na Wenus próbników atmosferycznych uzbrojonych w nowoczesny sprzęt pomiarowy. Skupimy się na obserwacjach, które pozostają niewyjaśnione przez dekady od czasu ich odkrycia. Takie

anomalie obejmują „tajemniczy absorber UV”, obecność tlenu O_2 , profile ilości dwutlenku siarki (SO_2) i wody (H_2O) w chmurach, potencjalną obecność fosfiny (PH_3) i amoniaku (NH_3), obecność substancji organicznych i nieznaną skład tzw. cząstek „Mode 3”, wymieniając tylko kilka. Wspomnimy oryginalne obserwacje i zastosowane metody oraz wagę tych odkryć.

2. Dlaczego wysłać misję astrobiologiczną na Wenus?

Istnieje wiele naukowych powodów, aby badać atmosferę, powierzchnię i chmury Wenus. Jeżeli życie jest odpowiedzialne za występowanie anomalii w atmosferze Wenus, to planowane

„Istnieje wiele naukowych powodów, aby badać atmosferę, powierzchnię i chmury Wenus. Jeżeli życie jest odpowiedzialne za występowanie anomalii w atmosferze Wenus, to planowane misje kosmiczne na Wenus powinny obejmować możliwość wykrywania śladów życia...”

↓ Tabela 1. Podstawowa charakterystyka Ziemi i Wenus, tabela zmodyfikowana za [11].

	Ziemia	Wenus
<i>Podstawowe parametry planetarne</i>		
Masa (\oplus)	1.0	0.82
Promień (\oplus)	1.0	0.95
Przyspieszenie ziemskie (g)	1.0	0.9
Długość roku (dni ziemskie)	365	225
Długość dnia; jeden obrót wokół własnej osi (dni ziemskie)	1	243
Superrotacja atmosferyczna (dni ziemskie)	n/a	4
<i>Warunki na powierzchni</i>		
Temperatura na powierzchni ($^{\circ}\text{C}$)	15	465
Ciśnienie atm. na powierzchni (bar)	1	92
Wulkanizm	aktywny	aktywny
Forma skorupy ziemskiej	tektonika płyt	tektonika typu "Jostling"
<i>Warunki atmosferyczne</i>		
Główne gazy atmosferyczne	78% N_2 , 21% O_2 , 1% Ar	96.5% CO_2 , 3.5% N_2
Główna ciecz	H_2O	stężony H_2SO_4
Chmury—główny składnik	H_2O	85% H_2SO_4 , 15% H_2O
Chmury—średnia wysokość (km)	0-20 (zmienna)	48-70 (przeważnie stała)
Chmury—zakres temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	15 (na powierzchni) - (-55) (20 km)	100 (48 km)-0 (60 km)
Chmury—zakres ciśnienia (bar)	1 (na powierzchni) - 0.1 (20 km)	2 (48 km)-0.4 (60 km)

misje kosmiczne na Wenus powinny obejmować możliwość wykrywania śladów życia, chociażby po to, aby wykluczyć możliwość jego występowania.

Misje Venus Express (ESA), jak i Akatsuki (JAXA), obie z użyciem orbiterów, które dostarczyły wiele cennych danych na temat kompozycji, struktury oraz dynamiki chmur i ogólnego składu atmosfery, jedynie potwierdziły i pogłębiły wiele niewyjaśnionych tajemnic chmur Wenus. Misje te na przykład potwierdziły istnienie „nieznanego absorbera UV”, który pochłania dużą część promieniowania słonecznego padającego na planetę. Nie udało się im niestety zidentyfikować, jaki proces jest odpowiedzialny za tę anomalną absorpcję. Mimo wszystko Venus Express i Akatsuki generalnie potwierdziły ogólny obraz chmur Wenus i atmosfery nakreślony przez wcześniejsze amerykańskie i radzieckie sondy (misje Pioneer Venus, Wenera i VeGa) oraz przez dziesięciolecia obserwacji naziemnych.

W rezultacie misje ESA i JAXA wypełniły wiele szczegółów dotyczących struktury i dynamiki chmur, ale nie rozwiązały uporczywych niewiadomych, związanych ze składem chemicznym chmur, nietypowym kształtem cząstek je budujących i niewyjaśnioną obecnością śladowych gazów atmosferycznych. Te anomalie, zarówno brane pod uwagę indywidualnie, jak i razem dają wystarczający powód by powrócić na Wenus.

Występowanie niewyjaśnionych anomalii atmosferycznych, szczególnie trudnych do zbadania metodami obserwacyjnymi z Ziemi, podsyca również spekulacje na temat możliwej aktywności biologicznej w chmurach Wenus. Jako ilustracyjną analogię problemu, możemy rozważyć próbę ostatecznego udowodnienia obecności życia tu na Ziemi, na przykład w miejscu takim jak pustynia Atacama, gdzie życie mikrobiologiczne jest obecne, ale jest stosunkowo rzadkie. Obserwacje satelitarne mogłyby ocenić niektóre z wymaganych warunków środowiskowych dla przetrwania życia, takich jak wilgotność i zakres temperatur, ale ostateczne pozytywne wykrycie organizmów żywych prawdopodobnie wymagałoby misji mogącej bezpośrednio pobrać próbki z górnych warstw powierzchni pustyni i dostarczenia ich z powrotem do wyspecjalizowanych laboratoriów w celu dalszych badań. Takie trudności ilustrują ograniczenia misji kosmicznych o charakterze astrobiologicznym, a szczególnie obserwacji

prowadzonych przez misje orbitalne. To, czego brakuje, i co jest również logicznym następnym krokiem w badaniach Wenus, to bezpośrednie badanie chmur wenusjańskich za pomocą próbnika wyposażonego w nowoczesne oprzyrządowanie.

Ostatnimi amerykańskimi sondami badającymi chmury Wenus bezpośrednio były sondy Pioneer Venus, które wystrzelono w 1978 roku. Radzieckie sondy balonowe VeGa wystrzelono w 1984 roku. Minęło 38 lat, odkąd jakkolwiek instrument został wysłany w celu bezpośredniego zbadania atmosfery i chmur Wenus. Cała dziedzina naukowa astrobiologii powstała w międzyczasie. Możemy obecnie zadać nowe pytania naukowe, których nie mogliśmy sformułować w 1980 roku, ale jeszcze ważniejszy jest postęp w oprzyrządowaniu naukowym i miniaturyzacji elektroniki jaki dokonał się w ciągu ostatnich czterech dekad. Nadszedł czas na misję kosmiczną, która byłaby wyposażona w nowoczesne oprzyrządowanie do badania składu chemicznego chmur i atmosfery Wenus.

Obecnie następuje fala ponownego zainteresowania nowymi misjami na Wenus. W czerwcu 2021 roku NASA (DAVINCI [13] i VERITAS [14]) oraz ESA (EnVision [15]) ogłosiły misje na Wenus. Założenia naukowe tych misji są realizowane przez orbiter, które będą badać geologię powierzchni (NASA VERITAS, start w 2031 r.), atmosferę (ESA EnVision, która wystartuje w 2031 r.) oraz przez próbniki badające strukturę i skład chemiczny atmosfery (DAVINCI, start w 2029 r.). Jednak żadna z tych misji kosmicznych nie przeprowadzi bezpośredniej analizy właściwości i składu chemicznego cząstek chmur. Co najważniejsze, żadna z nich nie ma na celu, ani nie posiada na pokładzie oprzyrządowania do badania potencjalnej aktywności biologicznej.

3. Wenusjańskie anomalie atmosferyczne

3.1. Nieznany absorber UV

W widmie światła widzialnego Wenus wydaje się stosunkowo jednorodna, jednak począwszy od 1920 roku astronomowie zauważyli, że planeta ta jest o wiele bardziej różnorodna i tajemnicza jeżeli jest obserwowana w ultrafiolecie. Można wtedy zaobserwować ciemne smugi „nieznanego absorbera UV”. Fenomen ten wykazuje dużą zmienność zarówno w czasie jak

i w przestrzeni, np. porusza się wraz z ~4-dniową super-rotacją chmur Wenus. Wiele wysiłku włożono w próbę zidentyfikowania substancji chemicznych odpowiedzialnych za absorpcję między 320-400 nm, ale żaden proponowany związek chemiczny nie wyjaśnia danych obserwacyjnych.

Obecny konsensus, oparty np. na pomiarach fotometrycznych Wenus, postuluje, że nieznaną absorber UV absorbuje głównie w górnej warstwie chmur, na wysokości około 60 km ponad powierzchnią planety, i jest prawdopodobnie związany z najmniejszymi cząstkami chmur, wielkości poniżej jednego mikrometra określanymi jako „Mode 1” (zobacz poniżej) [16].

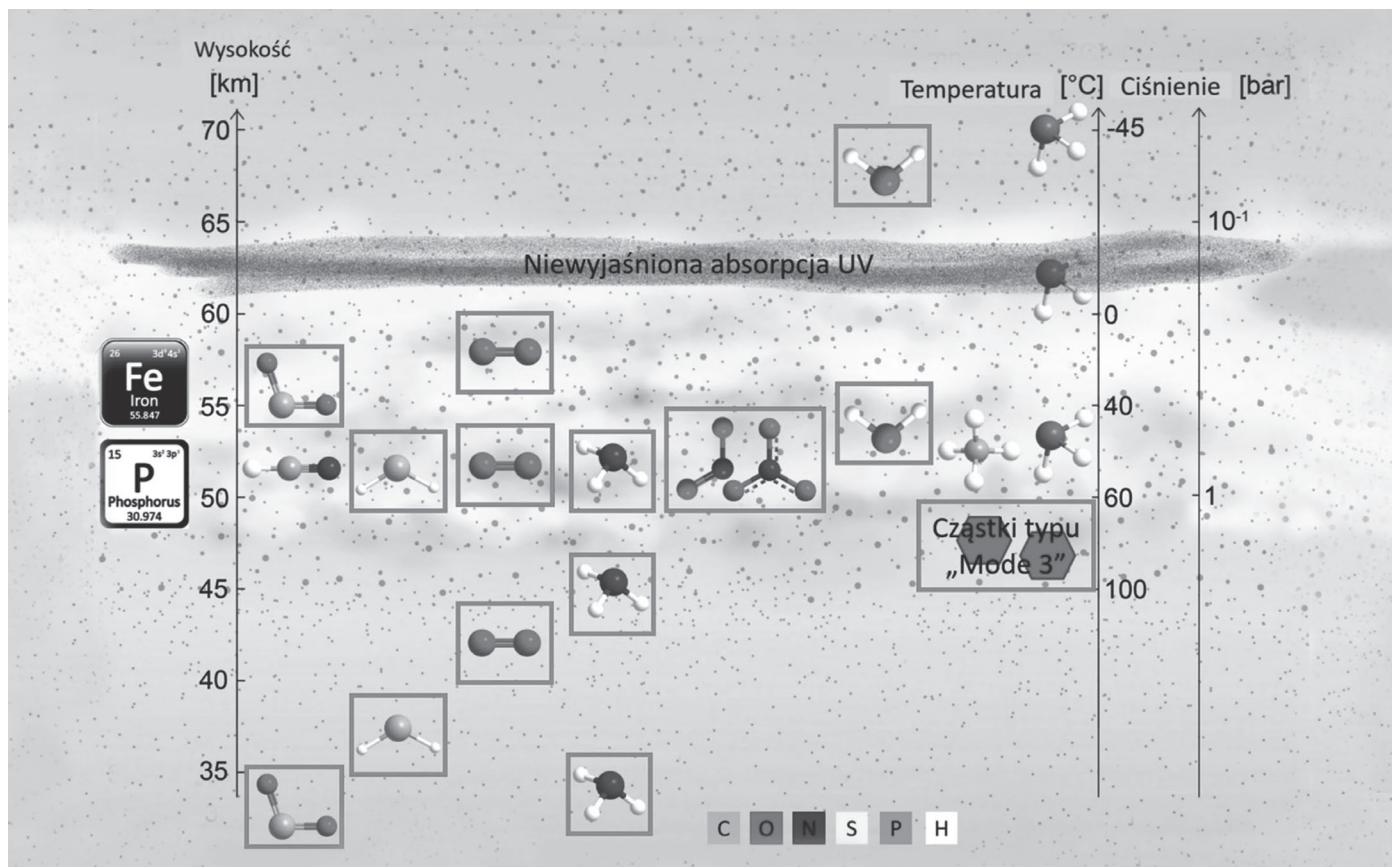
Pomimo dziesięcioleci wysiłków i obserwacji – ostatnio na przykład przeprowadzonych przez sondy ESA Venus Express oraz JAXA Akatsuki – substancje chemiczne odpowiedzialne za występowanie anomalnej absorpcji UV ciągle nie są znane. Potencjalne związki chemiczne mogące wyjaśnić ten fenomen jak np. tlenki siarki m.in. S_2O_2 są zbyt reaktywne fotochemicznie lub nie pasują do spektralnego profilu absorpcji nieznanego absorbera.

Możliwe jest, że za nieznaną absorber UV odpowiedzialne są związki organiczne zawarte wewnątrz cząstek chmur [17]. Propozycja ta jest wsparta eksperymentami laboratoryjnymi, które pokazują serię reakcji chemicznych w stężonym kwasie siarkowym prowadzących do powstania różnorodnej kolekcji złożonych i kolorowych (żółtych, czerwonych i brązowych) związków organicznych.

Bezpośrednie wykrywanie organicznych substancji chemicznych nigdy nie było próbowane i powinno być priorytetem dla przyszłych misji na Wenus. Uzyskamy więcej informacji na temat możliwego składu absorbera UV za pośrednictwem instrumentu UV o wysokiej rozdzielczości sondy DAVINCI, ale bezpośrednie wykrywanie i identyfikacja organicznych substancji chemicznych w chmurach Wenus nie jest celem wybranych misji NASA i ESA.

3.2. Nieznany skład chemiczny cząstek chmur Wenus

Chmury Wenus składają się z trzech typów cząstek, tzw. „Mode 1”, o wielkości poniżej 1 mikrometra, sferycznych cząstek „Mode 2”, o wielkości 1-2 mikronów, będących najprawdopodobniej kropelkami ciekłego stężonego kwasu siarkowego i „Mode 3”, największych, o wielkości kilku do nawet kilkudziesięciu mikrometrów.



↑ Rys. 1. Niewyjaśnione obserwacje, tu nazywane „anomaliami” w atmosferze Wenus. Model zaproponowany przez [10], oparty na pracy Paula Rimmera [19], proponuje wyjaśnienie części z anomalnych pomiarów (cząsteczki w ramkach). Modele cząsteczek pokazują indywidualne obserwacje i pomiary wykonane na danej wysokości (np. amoniak (NH_3) był potencjalnie wykryty trzy razy – dwa razy, na dwóch różnych wysokościach przez sondę Wenera 8, na ~32 i ~45 km, i raz przez sondę Pioneer, na 51 km). SO_2 i H_2O nie reprezentują każdej indywidualnej obserwacji, ale raczej oznaczają anomalne profile ilości SO_2 i H_2O w atmosferze. Większość anomalii atmosferycznych zaobserwowano w chmurach (48–70 km) oraz bezpośrednio pod chmurami (31–47 km). Zobacz też [12] dla szczegółowego opisu wszystkich niewyjaśnionych obserwacji w chmurach Wenus. Rysunek zmodyfikowany za [12].

Skład chemiczny największych cząstek „Mode 3”, obecnych przede wszystkim w dolnych warstwach chmur jest zupełnie nieznan. Tajemniczy dodaje fakt, że cząstki „Mode 3” mierzone przez instrumenty na pokładzie sondy Pioneer wydają się być niesferyczne [18]. „Niesferyczność” tych cząstek oznacza, że nie mogą one być ciekłymi kropelkami czystego stężonego ciekłego kwasu siarkowego. Może to wskazywać na obecność nieznaną dotychczas chemii chmur Wenus, być może częściowo zbudowanych z kryształków soli amonowych [10], co kwestionuje ogólnie przyjęty konsensus co do składu i kwasowości chmur Wenus.

„Niesferyczność” cząstek „Mode 3” jest oczywiście bardzo kontrowersyjną obserwacją, wymykającą się wyjaśnieniu od ponad czterech dekad. Zbadanie składu chemicznego cząstek chmur powinno zatem być jednym z głównych zadań przyszłych misji na Wenus.

3.3. Obecność nietlotnych pierwiastków w chmurach Wenus

Pomiary składu pierwiastkowego cząstek chmur wykonane przez balony

VeGa oraz sondy Wenera sugerują obecność związków chemicznych zawierających siarkę, chlor, żelazo, a także fosfor [16]. Szczególnie ciekawe jest potencjalne występowanie pierwiastków, które nie tworzą zbyt wielu lotnych substancji, w przedziale temperaturowym występującym w chmurach, takich jak żelazo i fosfor.

Życie, jakie znamy, wymaga jonów metali, na przykład takich jak żelazo, do katalizy reakcji chemicznych w komórkach. Wykrycie metali i innych nietlotnych pierwiastków w cząstkach chmur jest kluczowe dla ich potencjalnej zdolności do zamieszkania.

3.4. Niewyjaśniona obecność gazów atmosferycznych

Zaobserwowano również istnienie szeregu nieoczekiwanych gazów śladowych w atmosferze Wenus, których mechanizm powstawania są obecnie nieznane. Niedawne wykrycie fosfiny (PH_3) w atmosferze Wenus jest najnowszą i tylko jedną z wielu takich gazowych anomalii zaobserwowanych na przestrzeni ostatnich kilku dekad. Oprócz fosfiny, takimi

niewyjaśnionymi gazami atmosferycznymi są amoniak (NH_3), tlen (O_2), różne formy tlenków azotu oraz niewyjaśnione profile stężenia dwutlenku siarki (SO_2) i lokalne, anomalnie wysokie pomiary ilości wody (H_2O) (Rys. 1).

Najnowsza interpretacja anomalii w chmurach Wenus sugeruje, że chmury nie są w całości zbudowane z ciekłego stężonego kwasu siarkowego, ale z soli amonowych, które mogą być wynikiem biologicznej produkcji amoniaku w kropelkach chmur [10]. W rezultacie produkcji NH_3 chmury nie są bardziej kwaśne niż niektóre miejsca zamieszkałe przez życie na Ziemi. Nowy model wyjaśnia wiele anomalii atmosferycznych, które pozostawały niewyjaśnione od dekad, m.in. obserwowane profile ilości SO_2 i H_2O , obecność O_2 w warstwach chmur i potencjalne istnienie cząstek chmur „Mode 3”, opisanych powyżej (Rys. 1). Co więcej, przewidywania nowego modelu chmur dotyczące ilości gazów w atmosferze Wenus lepiej pasują do danych obserwacyjnych niż przewidywania jakiegokolwiek poprzedniego

modelu i są łatwe do przetestowania. Nowe planowane misje kosmiczne skupią się na potwierdzeniu, bądź wykluczeniu istnienia wenusjańskich anomalii, a co za tym idzie na ich potencjalnym związku z istnieniem powietrznej biosfery w chmurach Wenus [20].

4. Podsumowanie

Opisałem szereg obserwacji atmosfery i chmur Wenus, których nie można obecnie wyjaśnić za pomocą dostępnych modeli, a zatem możemy je zdefiniować jako „anomalne” w naszym rozumieniu tej planety. Nie wiadomo, które z tych anomalnych obserwacji są prawdziwe, a które są na przykład efektem błędu pomiarowego. Stwierdzenie, które z tych niewyjaśnionych obserwacji są rzeczywistym odzwierciedleniem nieznanych procesów chemicznych w atmosferze powinno być głównym celem przyszłych misji na Wenus, szczególnie, że obecność atmosferycznych anomalii chemicznych może sugerować, że chmury Wenus nie są aż tak wrogie życiu, jakby się nam wydawało, lub wręcz mogą sugerować występowanie życia.

Nowe misje NASA (DAVINCI i VERITAS) i ESA (EnVision) poszerzą naszą wiedzę na temat tej planety i rozwiążą niektóre z utrzymujących się pytań dotyczących Wenus, ale żadna z tych planowanych misji nie jest wyposażona do bezpośredniego analizowania składu chemicznego cząstek chmur. Planowane prywatne misje kosmiczne, takie jak misja firmy Rocket Lab, zamierzają bezpośrednio badać cząstki chmur Wenus [21]. Misja Rocket Lab będzie wyposażona w nefelometr autofluorescencyjny (AFN) [22]. Instrument ten będzie miał za zadanie zmierzyć kształt i wielkość cząstek chmur, potwierdzając lub obalając wyniki pomiarów sondy Pioneer sprzed czterdziestu lat. AFN będzie miał również za zadanie wykrycie chemii organicznej w kropelkach chmur. Misja Rocket Lab jest pierwszą misją na Wenus, która będzie szukać związków organicznych. Wykrycie związków organicznych, szczególnie jeżeli znajdują się one głównie w większych cząstkach typu „Mode 3”, mogłoby wskazywać na istnienie życia, choć oczywiście nie byłoby ostatecznym tego dowodem.

Inne niewyjaśnione anomalie, w tym potencjalna obecność NH_3 , O_2 , nieznanego składu chemicznego cząstek „Mode 3”, oraz bezpośrednie pomiary kwasowości chmur Wenus będą głównym celem przyszłych misji m.in. serii

misji pod egidą inicjatywy Venus Life Finder [20].

Nowe misje powinny mieć na celu osiągnięcie każdego z powyższych celów i kontynuować to, na czym skończyły pionierskie misje sprzed prawie czterech dekad. W międzyczasie publiczne opublikowanie oryginalnych danych z radzieckich sond Wenera i VeGa, jak to miało miejsce ostatnio w przypadku danych z sondy Pioneer, mogłoby umożliwić dalszą weryfikację obecnych modeli chemii atmosfery Wenus oraz zapewniłoby konieczny kontekst dla przyszłych wyników misji.

LITERATURA

- [1] Morowitz, H.; Sagan, C. *Life in the clouds of venus?* Nature 1967, 215, 1259–1260, doi:10.1038/2151259a0.
- [2] Greaves, J.S.; Richards, A.M.S.; Bains, W.; Rimmer, P.B.; Sagawa, H.; Clements, D.L.; Seager, S.; Petkowski, J.J.; Sousa-Silva, C.; Ranjan, S. *Phosphine gas in the cloud decks of Venus*, Nat. Astron. 2021, 5, 655–664.
- [3] Greaves, J.S.; Rimmer, P.B.; Richards, A.; Petkowski, J.J.; Bains, W.; Ranjan, S.; Seager, S.; Clements, D.L.; Silva, C.S.; Fraser, H.J. *Low levels of sulphur dioxide contamination of Venusian phosphine spectra*, Mon. Not. R. Astron. Soc. 2022, 514, 2994–3001, doi:10.1093/mnras/stac1438.
- [4] Mogul, R.; Limaye, S.S.; Way, M.J.; Cordova, J.A. *Venus' Mass Spectra Show Signs of Disequilibrium in the Middle Clouds*, Geophys. Res. Lett. 2021, e2020GL091327.
- [5] Cordiner, M.A.; Villanueva, G.L.; Wiesemeyer, H.; Milam, S.N.; de Pater, I.; Moullet, A.; Aladro, R.; Nixon, C.A.; Thelen, A.E.; Charnley, S.B. *Phosphine in the Venusian Atmosphere: A Strict Upper Limit from SOFIA GREAT Observations*, Geophys. Res. Lett. 2022, e2022GL101055.
- [6] Bains, W.; Petkowski, J.J.; Seager, S.; Ranjan, S.; Sousa-Silva, C.; Rimmer, P.B.; Zhan, Z.; Greaves, J.S.; Richards, A.M.S. *Venusian phosphine: a 'Wow!' signal in chemistry?* Phosphorus. Sulfur. Silicon Relat. Elem. 2022, 197, 438–443, doi:10.1080/10426507.2021.1998051.
- [7] Bains, W.; Petkowski, J.J.; Seager, S.; Ranjan, S.; Sousa-Silva, C.; Rimmer, P.B.; Zhan, Z.; Greaves, J.S.; Richards, A.M.S. *Phosphine on Venus Cannot be Explained by Conventional Processes*, Astrobiology 2021, 21, 1277–1304.
- [8] Bains, W.; Shorttle, O.; Ranjan, S.; Rimmer, P.B.; Petkowski, J.J.; Greaves, J.S.; Seager, S. *Constraints on the production of phosphine by Venusian volcanoes*, Universe 2022, 8, 54.
- [9] Mogul, R.; Limaye, S.S.; Lee, Y.J.; Pasillas, M. *Potential for Phototrophy in Venus' Clouds*, Astrobiology 2021, 21, 1237–1249, doi:10.1089/ast.2021.0032.
- [10] Bains, W.; Petkowski, J.J.; Rimmer, P.B.; Seager, S. *Production of Ammonia Makes Venusian Clouds Habitable and Explains Observed Cloud-Level Chemical Anomalies*, Proc. Natl. Acad. Sci. 2021, 118.
- [11] Duzdevich, D.; Petkowski, J.J.; Bains, W.; Carr, C.E.; Seager, S. *An Experimental Approach to Inform Venus Mission Design and Science Objectives*, Aerospace 2022, 9, 597.
- [12] Petkowski, J.J.; Seager, S.; Grinspoon, D.H.; Bains, W.; Ranjan, S.; Rimmer, P.B.; Buchanan, W.P.; Agrawal, A.; Mogul, R.; Carr, C.E. *Venus' Astrobiological Potential of Venus Atmosphere*

Chemical Anomalies and Other Unexplained Cloud Properties, Astrobiology 2022, in review.

[13] Garvin, J.B.; Getty, S.A.; Arney, G.N.; Johnson, N.M.; Kohler, E.; Schwer, K.O.; Sekerak, M.; Bartels, A.; Saylor, R.S.; Elliott, V.E.; et al. *Revealing the Mysteries of Venus: The DAVINCI Mission*, Planet. Sci. J. 2022, 3, 117, doi:10.3847/psj/ac63c2.

[14] Freeman, A.; Smrekar, S.E.; Hensley, S.; Wallace, M.; Sotin, C.; Darrach, M.; Xaypraseuth, P.; Helbert, J.; Mazarico, E. *Veritas: A discovery-class Venus surface geology and geophysics mission*. 2016.

[15] de Oliveira, M.R.R.; Gil, P.J.S.; Ghail, R. *A novel orbiter mission concept for venus with the EnVision proposal*, Acta Astronaut. 2018, 148, 260–267.

[16] Titov, D. V.; Ignatiev, N.I.; McGouldrick, K.; Wilquet, V.; Wilson, C.F. *Clouds and hazes of Venus*, Space Sci. Rev. 2018, 214, 1–61.

[17] SpaceX, J. *Organic Carbon Cycle in the Atmosphere of Venus*, arXiv Prepr. arXiv:2108.02286 2021.

[18] Knollenberg, R.G.; Hunten, D.M. *The microphysics of the clouds of Venus: Results of the Pioneer Venus particle size spectrometer experiment*, J. Geophys. Res. Sp. Phys. 1980, 85, 8039–8058.

[19] Rimmer, P.B.; Jordan, S.; Constantinou, T.; Woitke, P.; Shorttle, O.; Paschodimas, A.; Hobbs, R. *Hydroxide salts in the clouds of Venus: their effect on the sulfur cycle and cloud droplet pH*, Planet. Sci. J. 2021, 2, 133.

[20] Seager, S.; Petkowski, J.J.; Carr, C.E.; Grinspoon, D.H.; Ehlmann, B.L.; Saikia, S.J.; Agrawal, R.; Buchanan, W.P.; Weber, M.U.; French, R.; et al. *Venus Life Finder Missions Motivation and Summary*, Aerospace 2022, 9, 385, doi:10.3390/aerospace9070385.

[21] French, R.; Mandy, C.; Hunter, R.; Mosleh, E.; Sinclair, D.; Beck, P.; Seager, S.; Petkowski, J.J.; Carr, C.E.; Grinspoon, D.H.; et al. *Rocket Lab Mission to Venus*, Aerospace 2022, 9, 445, doi:10.3390/aerospace9080445.

[22] Baumgardner, D.; Fisher, T.; Newton, R.; Roden, C.; Zmarzly, P.; Seager, S.; Petkowski, J.J.; Carr, C.E.; Špaček, J.; Benner, S.A.; et al. *Deducing the Composition of Venus Cloud Particles with the Autofluorescence Nephelometer (AFN)*, Aerospace 2022, 9, 492.

{ Janusz Pętkowski, dr - astrobiolog związany z Zakładem Nauk o Ziemi, Atmosferze i Planetach w Massachusetts Institute of Technology (MIT). Jest jednym z liderów inicjatywy MIT-Breakthrough Venus Life Finder Mission. Interesuje się gazami biosygnaturowymi, biochemią teoretyczną oraz badaniami prowadzącymi do znalezienia życia poza Ziemią. Obronił doktorat z biofizyki na University of Virginia w Charlottesville. Uzyskał magisterium i licencjat w dziedzinie biotechnologii i biologii molekularnej na Wydziale Biologii Uniwersytetu Warszawskiego. Jest jednym z członków założycieli Polskiego Towarzystwa Astrobiologicznego. }

DYSOCJACJE–INTEGRACJE

Symposium Stowarzyszenia Singularis - Centrum Studiów Zaawansowanych PW

W dniach 12-15 września 2022 r. w Ośrodku Wypoczynkowym Politechniki Warszawskiej w Wildze odbyło się sympozjum zorganizowane przez Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej wraz z przedstawicielami nieformalnego jeszcze Stowarzyszenia Singularis. Tematyka sympozjum była bardzo szeroka z racji interdyscyplinarnego charakteru wydarzenia. Poruszone zostały między innymi tematy z obszaru psychologii, filozofii, metodyki pracy, zarządzania, czy współczesnych zmian środowiskowych i klimatycznych.

Sympozjum rozpoczął dyrektor Centrum Studiów Zaawansowanych prof. Stanisław Janeczko przywitaniem gości, którzy przyjechali zarówno z Warszawy, jak i innych miejscowości w Polsce. W prowadzeniu dalszej części sympozjum pomagali: prof. Leszek Melibruda oraz doktorantka Anna Szalwa.

Pierwszą prelekcję pt. „Rola uczelni w rozwiązywaniu zagadnień społeczno-gospodarczych” przeprowadził prof. Leon Gradoń. Swym wystąpieniem zwrócił m.in. uwagę na problemy natury zarządzania i organizacji w dydaktyce na uczelni.

W swoim wystąpieniu o charakterze seminaryjnym „Globalny kryzys piaskowy – zagrożenia i pojawiające się wyzwania”, Jacek Kostrzewa przybliżył słuchaczom na czym polegają badania, które prowadzi w ramach swojego doktoratu na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej. Podobne podejście zastosował w przeznaczonym dla niego czasie Wojciech Piątkiewicz, który wygłosił wystąpienie pt. „Katastrofa klimatyczna i ekologiczna a konsumpcyjny styl życia”, przybliżając tym samym obszar swoich naukowych zainteresowań realizowanych w ramach studiów w Szkole Doktorskiej. Ciekawą, filozoficzną perspektywę przedstawił w swojej prezentacji „Od drobnomieszczanina do rycerza. Rzecz o etosie naukowca” dr Bartłomiej Skowron.

Doktorantka Wydziału Architektury PW, Ewa Kuhnert, wystąpiła z tematem „Wyobrażenie piękna w sztuce. Konwencjonalizm kontra autentyzm”. Swym niespodziewanie wprowadzającym uczestników w obszar sztuki wystąpieniem zainspirowała do dyskusji na temat definiowania piękna oraz do



poszukiwań definicji brzydoty w szerszym znaczeniu, znacznie wykraczającym poza obszar tylko sztuk pięknych.

„Zmiany priorytetów w kryzysie – cel doktoratu, samorozwój czy kariera”, czyli prelekcja, którą zaproponowała Olga Broniewska-Halder niezwykle trafnie ujęła aktualne problemy, z którymi mierzą się doktoranci Politechniki Warszawskiej. Temat ten otworzył niezwykle ważną i potrzebną dyskusję na temat celowości różnorodnych i wielowątkowych działań związanych zarówno bezpośrednio, jak i towarzyszących powstawaniu dysertacji.

Na podstawie własnych doświadczeń i przemyśleń, ale przede wszystkim podejmując próbę stworzenia przeglądu metod, które służą stabilizacji fizyczno-psychicznej doktorantka Anna Szalwa zaproponowała temat „Hakowanie umysłu – przegląd współczesnych metod radzenia sobie z sytuacjami kryzysowymi w życiu człowieka”. Temat ten uświadomił słuchaczom, słuchaczy, jak ważne i jak przydatne może być opracowanie uniwersalnego, ogólnodostępnego narzędzia, które może pomagać w sposób doraźny, stanowić bazę na temat aktualnego stanu wiedzy i praktycznych metod, które pomagają odblokować napięcia, oraz lepiej podwyższyć swój komfort codziennego życia.

Ostatnią prelekcję pt. „Optymalna struktura organizacji” wygłosił jeden

z najbardziej aktywnych podczas wyjazdu krytyków, doktorant Stanisław Hajnych.

Łącznym pojawiło się podczas całego wyjazdu 30 osób. W czasie przeznaczonym na dyskusję pomiędzy prelekcjami uczestnicy sympozjum zadawali pytania, otwarcie wymieniali na forum swoje spostrzeżenia i krytykę. Przyjazna atmosfera sprzyjała komunikacji opartej na wzajemnym szacunku oraz nie ograniczała nieskrępowanego wyrażania opinii, bez tabu, pomiędzy młodymi naukowcami wielu dziedzin. Założeniem organizatorów sympozjum DYSOCJACJE – INTEGRACJE było przedstawienie różnorodnych perspektyw i indywidualnych przemyśleń na temat aktualnie zaobserwowanych problemów w dziedzinach humanistycznych, kulturze, czy w innych dyscyplinach naukowych i technicznych, wokół których skupiają się zainteresowania i badania uczestników spotkania. Ponadto nadrzędnym celem było zintegrowanie środowisk, które na co dzień nie mają możliwości ze sobą współpracować. Bez wątpienia można uznać, że cele trzydniowego spotkania zostały osiągnięte.

Anna Szalwa

NOWE WYZWANIA KSZTAŁCENIA AKADEMICKIEGO

Symposium Centrum Studiów Zaawansowanych PW

W dniach 27 – 29 września 2021 r. w Domu Pracy Twórczej w Pałacu w Radziejowicach odbyło się Symposium Centrum Studiów Zaawansowanych *Nowe wyzwania kształcenia akademickiego*. Było ono podsumowaniem pierwszego konkursu INNOWACJE DYDAKTYCZNE na granty dydaktyczne w Politechnice Warszawskiej, przeprowadzonego przez Centrum Studiów Zaawansowanych PW, w ramach projektu „Inicjatywa doskonałości – uczelnia badawcza”.

W trakcie symposium omówiono wyniki konkursu oraz odbyły się prezentacje laureatów pierwszego konkursu na granty dydaktyczne PW. Była to także doskonała okazja do dyskusji, wymiany myśli oraz nowych koncepcji dotyczących rozwoju Politechniki Warszawskiej w sferze dydaktyki. Oprócz laureatów konkursu w panelach dyskusyjnych, na zaproszenie dyrektora CSZ

prof. Stanisława Janeczko, brali udział przedstawiciele władz uczelni: rektor ds. Studiów prof. dr hab. inż. arch. Jan Słyk; przewodniczący Senackiej Komisji ds. Kształcenia prof. dr hab. inż. Wojciech Domitrz, dziekan Wydziału MiNI PW; dziekan Wydziału Architektury PW prof. dr hab. inż. arch. Krzysztof Koszewski; dziekan Wydziału Inżynierii Chemicznej i Procesowej PW prof. dr hab. inż. Marek Henczka; dziekan ds. studenckich Wydziału Matematyki, Informatyki i Mechaniki Uniwersytetu Warszawskiego dr hab. Paweł Goldstein oraz moderatorzy dyskusji: prof. dr hab. inż. Leon Gradoń (Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej PW), prof. dr hab. Marek Kuś (Centrum Fizyki Teoretycznej PAN), prof. dr hab. inż. Zbigniew Pakieła (Wydział Inżynierii Materiałowej PW), prof. dr hab. Katarzyna Chałasińska-Macukow (Wydział Fizyki UW), prof. dr hab. Andrzej Dragan (Wydział

Fizyki UW), prof. dr hab. inż. Małgorzata Jakubowska (Wydział Mechatroniki PW), prof. dr hab. inż. Maciej Jarosz (Wydział Chemiczny PW), prof. dr hab. inż. Elżbieta Malinowska (Wydział Chemiczny PW).

Idea grantów dydaktycznych PW służyć ma równoważeniu priorytetów rozwojowych Uczelni. Przenosi konkursowy mechanizm aplikowania, stanowiący standard w sferze nauki, na grunt działań kształceniowych. W świetle przyjętych założeń proces przyznawania grantów przyczyni się do zbudowania funkcjonujących w sposób ciągły mechanizmów doskonalenia kadry i promowania innowacyjnych praktyk. Mechanizmy te powinny wyławiać najciekawsze koncepcje, promować inicjatywy powstające na Wydziałach oraz ułatwiać dzielenie się wiedzą w skali uczelni.

Jowita Krakowiecka

WIOSENNE WARSZTATY MATEMATYCZNE

Symposium Centrum Studiów Zaawansowanych PW

W dniach 12-14 maja 2022 r. w Ośrodku Wypoczynkowym Politechniki Warszawskiej w Wildze odbyło się Symposium Centrum Studiów Zaawansowanych oraz Wydziału Matematyki i Nauk Informatycznych Politechniki Warszawskiej: Wiosenne warsztaty matematyczne.

Symposium zostało zorganizowane w celu integracji społeczności akademickiej oraz jako platforma dyskusji, wymiany myśli oraz nowych koncepcji dotyczących kształcenia na kierunkach matematycznych. W programie znalazły się wystąpienia pracowników naukowych Wydziału Matematyki i Nauk Informatycznych, skierowane do studentów i doktorantów, biorących udział w warsztatach. Gościem specjalnym symposium był prof. Lev Birbrair z Universidade Federal do Ceará, Fortaleza w Brazylii.

Wśród prelegentów byli również: dr hab. inż. Wojciech Domitrz, prof. uczelni, Wydział MiNI PW; prof. dr hab. inż. Zbigniew Jelonek, Instytut Matematyczny PAN; mgr inż. Marta Piecyk, Wydział MiNI PW;



prof. dr hab. inż. Zbigniew Lonc, Wydział MiNI PW; dr inż. Paweł Rzążewski, Wydział MiNI PW; dr hab. Bogusława Karpińska, prof. uczelni, Wydział MiNI PW; dr inż. Michał Zwierzyński, Wydział MiNI PW; mgr inż. Marcin Zubilewicz, Wydział

MiNI PW; prof. dr hab. Stanisław Janeczko, Dyrektor CSZ, Wydział MiNI PW; dr inż. Michał Dębski, Wydział MiNI PW; dr inż. Paweł Naroski, Wydział MiNI PW.

Jowita Krakowiecka

Zbiory Julii dla funkcji meromorficznych i słabo odpychające punkty stałe

Bogustawa Karpińska

Początki teorii iteracji funkcji holomorficznych sięgają lat dwudziestych ubiegłego wieku. Jej podstawy stworzyli niezależnie dwaj francuscy matematycy Gaston Julia (1893 - 1978) i Pierre Fatou (1878 - 1929). Teoria ta zaczęła intensywnie rozwijać się od lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku, głównie ze względu na rozwój grafiki komputerowej, dzięki której można było zobaczyć niezwykle, fraktalne kształty zbiorów Julii, ale także dzięki nowym technikom, takim jak np. metody chirurgii quasikonforemnych. O znaczeniu tej teorii świadczą mogące prestiżowe wyróżnienia przyznawane matematykom zajmującym się tą dziedziną, jak np. Medale Fieldsa dla Christopa Yoccoza, Curtisa McMullena, Stanisława Smirnova i Artura Avili.

Niniejszy artykuł, w którym przedstawimy wybrane podstawowe pojęcia teorii iteracji funkcji holomorficznych, a w szczególności związek spójności

zbiorów Julii z istnieniem słabo odpychających punktów stałych, jest nieznacznie rozszerzoną wersją wykładu wygłoszonego podczas Wiosennych Warsztatów Matematycznych zorganizowanych przez Centrum Studiów Zaawansowanych PW, które odbyły się w Wildzie w dniach 12 - 14 maja 2022 roku.

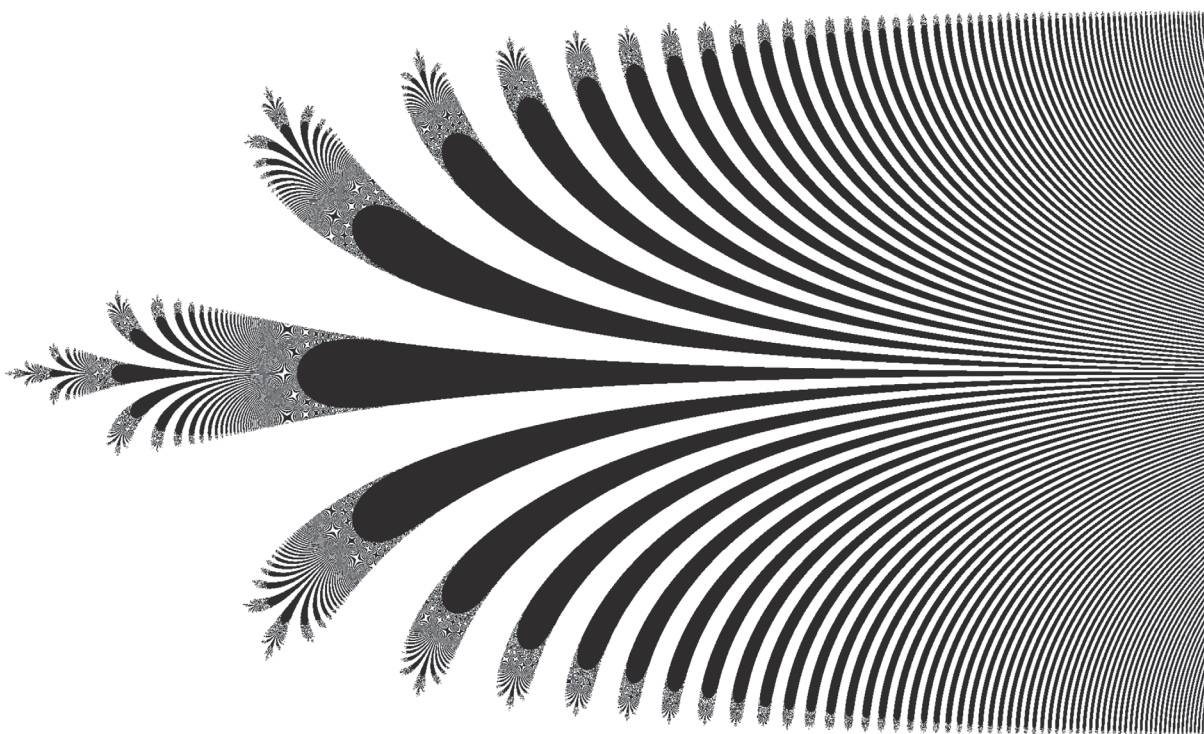
Teoria iteracji funkcji holomorficznych na płaszczyźnie zespolonej lub na sferze Riemanna jest częścią teorii układów dynamicznych. Rozważać będziemy funkcje całkowite lub meromorficzne przestępne $f : \mathbb{C} \rightarrow \hat{\mathbb{C}}$ (gdzie $\hat{\mathbb{C}}$ oznacza sferę Riemanna), czyli takie, dla których nieskończoność jest punktem istotnie osobliwym. Półgrupa iteracji

$$\underbrace{f^n = f \circ \dots \circ f}_{n \text{ razy}}$$

takiego przekształcenia (gdzie $n \geq 0$) tworzy dyskretny układ dynamiczny. Przedmiotem badań jest graniczne zachowanie trajektorii $\{f^n(z)\}_{n \geq 0}$ punktów $z \in \mathbb{C}$ przy n dążącym do nieskończoności oraz, między innymi, geometryczna i topologiczna struktura zbiorów niezmienniczych pod działaniem tej półgrupy.

Złożenie f^n jest zdefiniowane dla wszystkich $z \in \mathbb{C}$ poza przeliczalnym zbiorem punktów będących biegunami funkcji f, f^2, \dots, f^{n-1} . Jeśli f jest funkcją wymierną, to f można rozszerzyć do funkcji meromorficznej na sferze Riemanna $\hat{\mathbb{C}}$. W przypadku funkcji przestępnych f nie rozszerza się na $\hat{\mathbb{C}}$.

Podstawowymi obiektami badań w teorii iteracji funkcji meromorficznych, zarówno wymiernych jak i przestępnych, są dwa rozłączne niezmiennicze podzbiory, na które w naturalny sposób dzieli się sfera Riemanna pod



↑ Rys. 1. Fragment zbioru Julii dla $E_{1/4}(z) = 1/4 e^z$

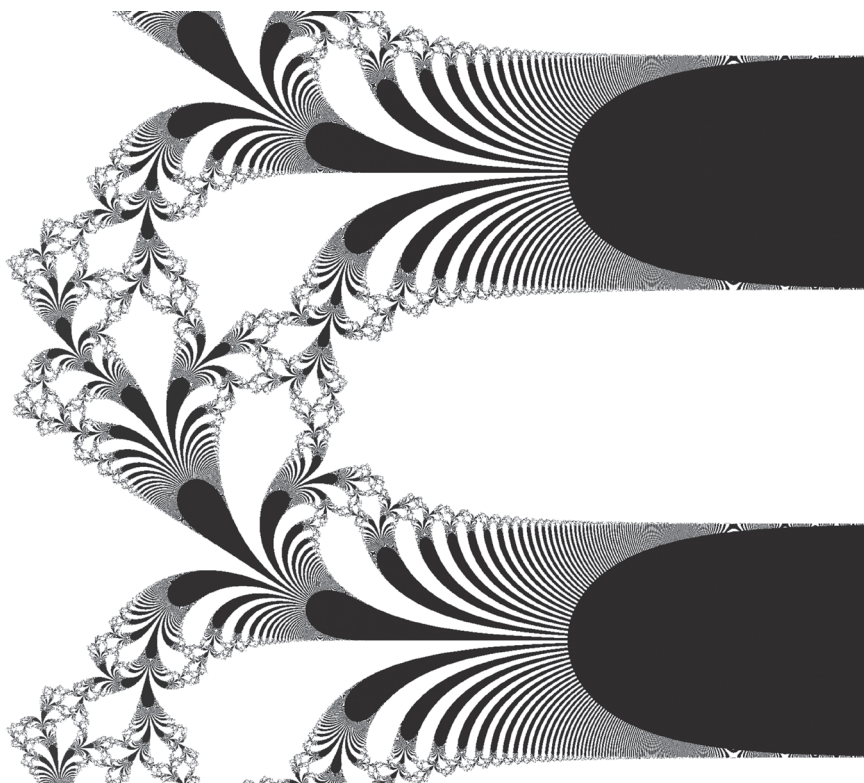
działaniem iteracji przekształcenia f : zbiór Fatou $F(f)$ oraz zbiór Julii $J(f)$. Zbiór Fatou składa się z tych punktów $z \in \hat{\mathbb{C}}$, dla których rodzina iteracji $\{f^n\}$ jest zdefiniowana i normalna w sensie Montela w pewnym otoczeniu z (tzn. z każdego ciągu przekształceń z tej rodziny można wybrać podciąg niemal jednostajnie zbieżny na tym otoczeniu do funkcji holomorficzej o wartościach w sferze Riemanna $\hat{\mathbb{C}}$). Jest to zbiór otwarty, na którym dynamika f jest stabilna w tym sensie, że trajektorie bliskich punktów zachowują się podobnie. Zbiór Julii to dopełnienie zbioru Fatou: $J(f) = \hat{\mathbb{C}} \setminus F(f)$. Na zbiorze Julii, który jest domknięty, niezmienniczy i doskonały (tzn. nie ma w nim punktów izolowanych) trajektorie zachowują się w sposób chaotyczny. Jako prosty przykład, rozważmy funkcję $f(z) = z^2$. W tym przypadku można łatwo opisać zachowanie trajektorii wszystkich punktów $z \in \mathbb{C}$. Jeśli $z \neq 0$ oraz $|z| < 1$, to $|f(z)| < |z|$ i trajektorie wszystkich punktów z otwartego koła jednostkowego zbiegają do punktu 0, który jest punktem stałym przyciągającym. Jeśli $|z| > 1$, to moduły kolejnych iteracji punktu z są coraz większe i zbiegają do nieskończoności.

Jeśli z leży na okręgu jednostkowym, to obrazy małego otoczenia punktu z przy kolejnych iteracjach f pokrywają całą płaszczyznę \mathbb{C} poza jednym punktem 0. Zbiór Julii dla $f(z) = z^2$ jest okręgiem jednostkowym. Jest to jeden z niewielu przykładów, gdy zbiór Julii jest gładką krzywą. Zwykle są to fraktalne zbiory o interesujących (choć często bardzo skomplikowanych) własnościach topologicznych.

Każda składowa spójności U zbioru Fatou (nazywana krótko *składową Fatou*) jest przekształcana przez f w pewną składową Fatou. Oznaczmy przez U_n składową zawierającą $f^n(U)$.

Jeśli dla pewnych różnych $n, m \geq 0$ zachodzi $U_n = U_m$, to taką składową nazywamy *preokresową*. Jeżeli dla pewnego $p \geq 1$ zachodzi $U = U_p$, to mówimy, że U jest składową *okresową*. Składowe, które nie są preokresowe nazywamy *błądzącymi*. Funkcje wymierne nie mają dziedzin błędzących [19], ani dziedzin Bakera. W przeciwieństwie do przypadku funkcji wymiernych, zbiór Fatou dla funkcji meromorficznych przestępnych może zawierać składowe błędzące. Zachowanie iteracji f na składowych okresowych jest w pełni zbadane, zachodzi jedna z poniższych możliwości [1], [18]:

→ Składowa U zawiera punkt okresowy przyciągający z_0 tzn. taki, dla



↑ Rys. 2. Fragment zbioru Julii $J(E_\lambda)$ dla pewnego parametru spoza przedziału $(0, 1/e)$.

którego $f^p(z_0) = z_0$ oraz $|(f^p)'(z_0)| < 1$. Wówczas $f^{np}(z) \rightarrow z_0$ dla $z \in U$ przy $n \rightarrow \infty$ i U nazywa się *składową basenu punktu przyciągającego* z_0 .

→ Brzeg U (w $\hat{\mathbb{C}}$) zawiera punkt okresowy z_0 taki, że $f^p(z_0) = z_0$ oraz $f^{np}(z) \rightarrow z_0$ przy $n \rightarrow \infty$ dla $z \in U$. Wówczas $(f^p)'(z_0) = 1$. Wtedy U nazywa się *składową basenu parabolicznego*.

→ Po holomorficznej zamianie współrzędnych $\varphi: U \rightarrow \mathbb{D}$, gdzie \mathbb{D} jest dyskiem jednostkowym, f^p jest obrotem o kąt niewymierny tzn. $\varphi(f^p(\varphi^{-1}(z))) = e^{2\pi i \alpha} z$ dla pewnego $\alpha \in \mathbb{R} \setminus \mathbb{Q}$. Wówczas U nazywa się *dyskiem Siegela*.

→ Po holomorficznej zamianie współrzędnych $\varphi: U \rightarrow A$, gdzie A jest pierścieniem $A = \{z: 1 < |z| < r\}$, $r > 1$, f^p jest obrotem o kąt niewymierny tzn. $\varphi(f^p(\varphi^{-1}(z))) = e^{2\pi i \alpha} z$ dla pewnego $\alpha \in \mathbb{R} \setminus \mathbb{Q}$. Wówczas U nazywa się *pierścieniem Hermana*.

→ Istnieje punkt $z_0 \in \partial U$ (w $\hat{\mathbb{C}}$) taki, że $f^{np}(z) \rightarrow z_0$ dla $z \in U$ przy $n \rightarrow \infty$, ale $f^p(z_0)$ nie jest zdefiniowane. Wówczas U nazywa się *dziedzina Bakera*.

W teorii iteracji funkcji przestępnych ważną rolę odgrywa *zbiór punktów uciekających*:

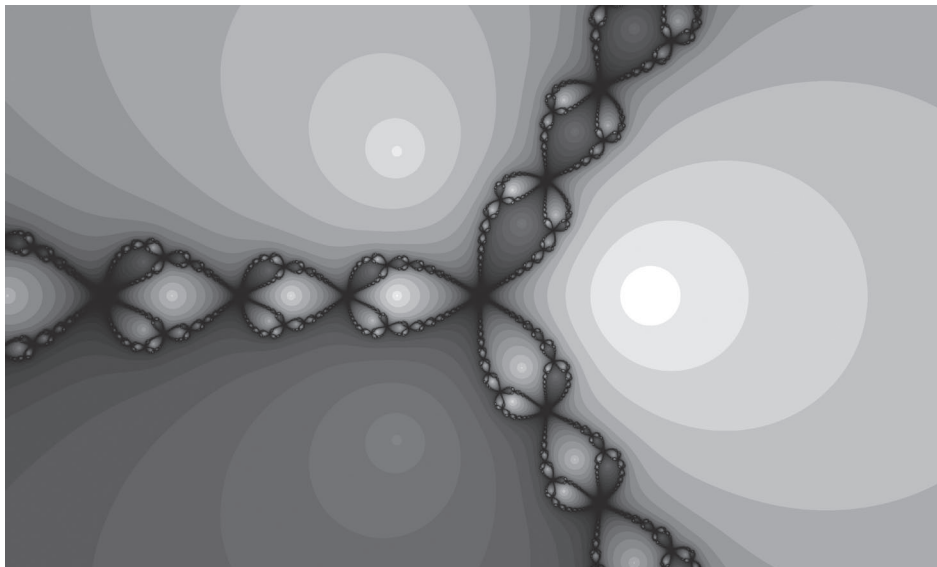
$I(f) = \{z: f^n(z) \rightarrow \infty \text{ przy } n \rightarrow \infty\}$.

Dla funkcji całkowitych przestępnych zbiór ten jest ściśle związany ze zbiorem Julii; Eremenko [7], który jako pierwszy badał własności zbioru $I(f)$ dla iteracji dowolnej funkcji całkowitej, udowodnił, że zbiór Julii $J(f)$ jest brzegiem $I(f)$.

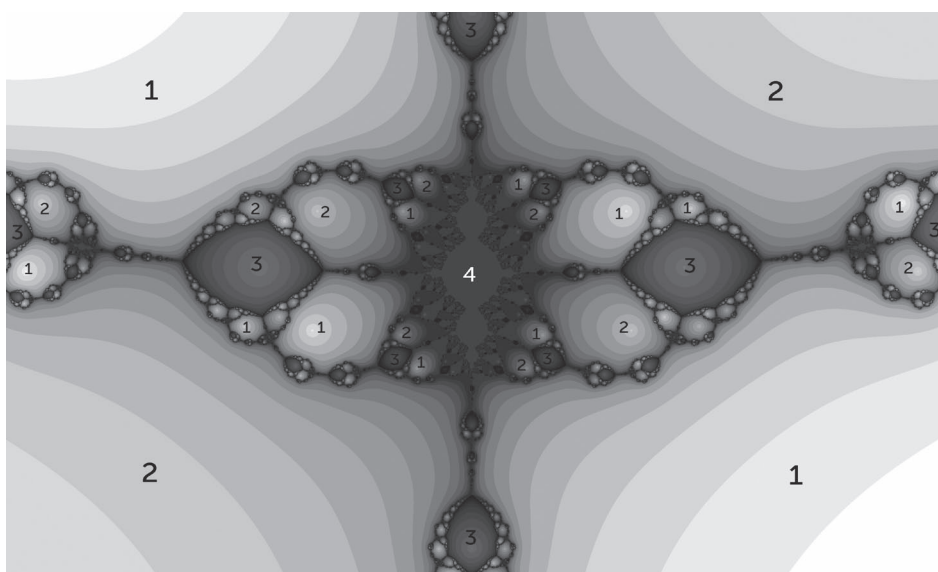
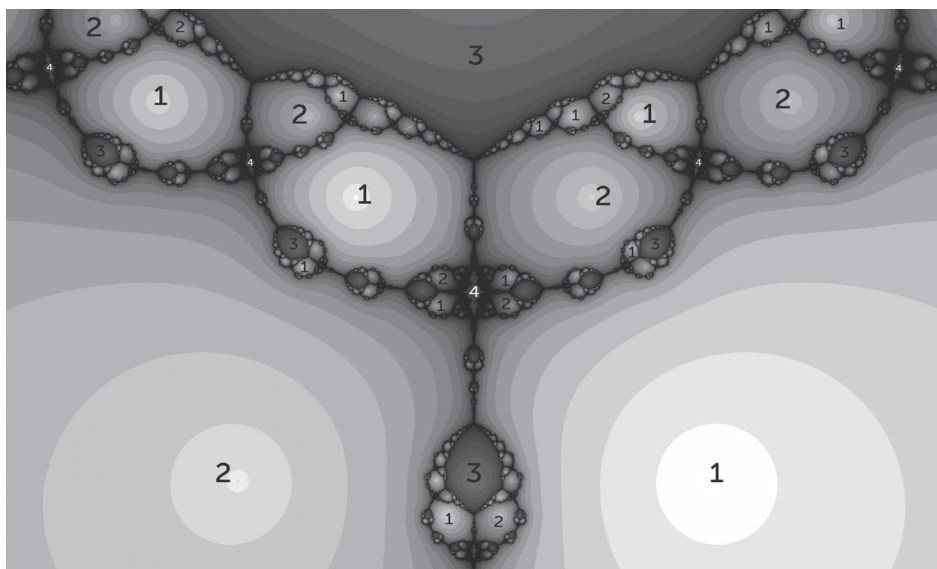
Zbiory Julii dla funkcji całkowitych przestępnych mogą mieć wiele zadziwiających własności. Zaczniemy od „najprostszej” funkcji całkowitej: $E(z) = \exp(z)$. Już Pierre Fatou w 1926 roku sformułował hipotezę, że zbiór Julii dla tej funkcji jest całą płaszczyzną. Fakt ten udowodnił Michał Misiurewicz w 1981 roku [16]. Zobaczmy teraz, jak mogą wyglądać zbiory Julii dla rodziny przekształceń eksponencjalnych:

$$E_\lambda(z) = \lambda e^z,$$

gdzie λ jest niezerowym parametrem. W roku 1984 Robert Devaney i Michał Krych [5] udowodnili, że dla $\lambda \in (0, 1/e)$ zbiór Fatou $F(E_\lambda)$ ma jedną składową U , która jest jednospójna – jest to basen punktu stałego przyciągającego. Zbiór Julii $J(E_\lambda)$ jest brzegiem tego basenu i składa się z nieprzeliczalnie wielu krzywych, nazywanych *włosami*. Każdy włos jest krzywą homeomorficzną z półprostą $[0, +\infty)$ i ma jeden koniec – jest to punkt odpowiadający punktowi 0 przy homeomorfizmie z $[0, +\infty)$. Wszystkie punkty $z \in J(E_\lambda)$, które nie są końcami, są punktami uciekającymi do nieskończoności. Taki zbiór nazywa się bukietem *Cantora* krzywych, a jego



↑ Rys. 3. Płaszczyzna dynamiczna dla funkcji wymiernej powstaje z zastosowania metody Newtona dla wielomianu $g(z) = z^3 - 1$. Baseny przyciągania pierwiastków zaznaczone są trzema różnymi kolorami.



↑ Rys. 4. Baseny przyciągania pierwiastków dla innego wielomianu stopnia 3 (zaznaczone kolorem 1, 2 i 3). Kolorem 4 zaznaczono obszar złożony z punktów początkowych, dla których metoda Newtona „nie działa”, tzn. iteracje nie zbiegają do żadnego z pierwiastków. Ilustracja na dole obrazuje powiększenie.

fragment został przedstawiony na rysunku 1.

Poniżej wymienimy kilka niezwykłych własności zbiorów Julii dla przekształceń E_λ , gdzie $\lambda \in (0, 1/e)$:

→ Żaden punkt z włosa, poza jego końcem, nie jest osiągalny z basenu punktu przyciągającego U tzn. nie jest punktem granicznym żadnej krzywej z U , [6].

→ Włosy są krzywymi gładkimi (tzn. klasy C^∞), [20].

→ Zbiór końców włosów $\mathcal{A}(E_\lambda)$ jest całkowicie niespójny, tzn. wszystkie składowe tego zbioru są jednopunktowe, ale $\mathcal{A}(E_\lambda)$ z dołączonym punktem ∞ jest już spójny (takie zjawisko nazywa się *eksplozją topologiczną*), [14].

→ Wymiar Hausdorffa $J(E_\lambda)$ jest maksymalny możliwy, czyli równy 2, [15].

→ Wymiar Hausdorffa zbioru końców $\mathcal{A}(E_\lambda)$ jest taki, jak wymiar całego zbioru Julii, czyli równy 2, ale wymiar Hausdorffa sumy włosów bez końców tzn. $J(E_\lambda) \setminus \mathcal{A}(E_\lambda)$ jest równy 1, [12, 13] (fakt ten został nazwany *paradoksem wymiaru* i może zachodzić także w wyższych wymiarach [3]).

Przejdziemy teraz do iterowania funkcji meromorficznych, które powstają z zastosowania słynnej metody Newtona znajdowania zer funkcji. Niech $g: \mathbb{C} \rightarrow \mathbb{C}$ będzie funkcją całkowitą.

Zarówno dla g będącego wielomianem, jak i funkcją całkowitą przestępną, poszukiwanie pierwiastków funkcji g metodą Newtona prowadzi do iterowania funkcji meromorficznej (wymiernej lub meromorficznej przestępnej)

$$F_g(z) = z - \frac{g(z)}{g'(z)},$$

której punkty stałe w \mathbb{C} odpowiadają zerom funkcji g . Wszystkie punkty stałe F_g w \mathbb{C} są przyciągające. Jeśli g jest wielomianem, to ∞ jest odpychającym punktem stałym dla F .

Okazuje się, że metoda Newtona nie zawsze „działa”, tzn. mogą istnieć otwarte podzbiory punktów startowych z_0 , dla których iteracje $F_g^n(z_0)$ nie zbiegają do żadnego z zer funkcji g .

Dynamiczne własności metody Newtona, zwłaszcza dla wielomianów, przyciągały wiele zainteresowania w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat. W szczególności, znanym otwartym problemem była spójność zbioru Julii dla metody Newtona. Badanie topologicznych własności zbioru Julii dla

metody Newtona jest interesujące, nie tylko z punktu widzenia dynamiki holomorficznej, ale również ze względu na ciekawe zastosowania numeryczne [11].

Spójność zbiorów Julii dla funkcji meromorficznych okazuje się ściśle związana z istnieniem słabo odpychających punktów stałych. Punkt stały z_0 przekształcenia holomorficznego f nazywa się *słabo odpychający*, jeśli $|f'(z_0)| > 1$ lub $f'(z_0) = 1$ (przy standardowym rozszerzeniu dla $z_0 = \infty$ w przypadku funkcji wymiernej).

Już w 1919 roku Fatou [10] udowodnił, że każda funkcja wymierna stopnia większego niż 1 ma co najmniej jeden słabo odpychający punkt stały w $\hat{\mathbb{C}}$. W 1990 roku Shishikura [17] wykazał, że jeśli f jest funkcją wymierną, której zbiór Julii jest niespójny, to f ma co najmniej dwa słabo odpychające punkty stałe w $\hat{\mathbb{C}}$. Dla funkcji przestępnych sytuacja jest bardziej skomplikowana; takie funkcje mogą w ogóle nie mieć punktów stałych. Od wczesnych lat dziewięćdziesiątych podejmowano próby odpowiedzi na następujące pytanie:

Czy każda funkcja meromorficzna przestępna z niespójnym zbiorem Julii ma co najmniej jeden słabo odpychający punkt stały?

Jak wspomniano wyżej, wszystkie punkty stałe F_g w \mathbb{C} są przyciągające. Jeśli g jest wielomianem stopnia co najmniej 2, to F_g jest funkcją wymierną, dla której $z_0 = \infty$ jest odpychającym punktem stałym (tzn. $|F'_g(z_0)| > 1$). Innymi słowy, funkcja wymierna F_g pochodząca od metody Newtona dla wielomianów ma tylko jeden słabo odpychający punkt stały. Zatem bezpośrednim wnioskiem z twierdzenia Shishikury [17] jest spójność zbioru Julii dla metody Newtona zastosowanej do wielomianu.

Jeśli natomiast g jest funkcją całkowitą przestępną, to F_g jest funkcją meromorficzną przestępną (za wyjątkiem przypadku, gdy g jest postaci $P \exp Q$, gdzie P i Q są wielomianami – wówczas F_g jest funkcją wymierną), której wszystkie punkty stałe są przyciągające. Zatem, twierdząca odpowiedź na postawione wyżej pytanie oznacza spójność zbioru Julii dla metody Newtona dla funkcji całkowitych przestępnych.

Badanie spójności zbioru Julii sprowadza się do badania jednospójności wszystkich składowych jego dopełnienia, czyli wszystkich składowych zbioru Fatou. Wymaga to rozważenia kilku przypadków: dla każdego typu składowej Fatou U (oprócz dysku Siegela, bo jest jednospójny z definicji) należy

wykazać, że jeśli U jest wielospójna, to f ma słabo odpychający punkt stały. Mimo, że schemat ten wydaje się taki sam, jak dla funkcji wymiernych, dowód Shishikury nie przenosi się bezpośrednio na przypadek funkcji przestępnych z powodu braku zwartości, istnienia wartości asymptotycznych i nowych typów składowych Fatou (czyli składowych błędzących i dziedzin Bakera, które nie pojawiają się w przypadku wymiernym).

Przypadek dziedzin błędzących rozważany był przez Bergweilera i Terglane'a w [4], natomiast przypadki basenów przyciągających i parabolicznych były tematem prac Jarque, Fagelli i Taixésa [8, 9]. Istnienie punktów słabo odpychających dla funkcji meromorficznych z wielospójną dziedziną Bakera lub pierścieniem Hermana, a więc w szczególności jednospójność dziedzin Bakera dla metody Newtona, pozostawały brakującym krokiem do twierdzącej odpowiedzi na pytanie o istnienie słabo odpychających punktów stałych dla funkcji meromorficznych przestępnych z niespójnym zbiorem Julii. W pracy [2] rozwiązano ten problem dowodząc, że jeśli f jest funkcją meromorficzną przestępną z wielospójną okresową dziedziną Bakera lub z cyklem pierścieni Hermana, to wówczas f ma co najmniej jeden słabo odpychający punkt stały. Rezultat ten wraz z wcześniejszymi wynikami pozwolił zamknąć dowód następującego ogólnego twierdzenia:

Twierdzenie 1.

Każda funkcja meromorficzna przestępna z niespójnym zbiorem Julii ma co najmniej jeden słabo odpychający punkt stały.

Bezpośrednim wnioskiem z tego twierdzenia jest spójność zbioru Julii dla metody Newtona:

Twierdzenie 2.

Jeśli g jest funkcją całkowitą przestępną to zbiór Julii dla metody Newtona F_g jest spójny.

LITERATURA

- [1]. Baker I.N., Kotus J., and Lü Y., *Iterates of meromorphic functions*, Ergod. Theory and Dynam. Sys. 8 (1988), 503–507.
- [2]. Barański K., Fagella N., Jarque X. and Karpińska B., *On the connectivity of the Julia sets of meromorphic functions*, Invent. Math. 198 (2014), no.3, 591–636.
- [3]. Bergweiler W., *Karpińska's paradox in dimension 3*, Duke Math. J. 154 (2010), 599–630.
- [4]. Bergweiler W. and Terglane N., *Weakly repelling fixpoints and the connectivity of wandering domains*, Trans. Amer. Math. Soc. 348 (1996), no. 1, 1–12.
- [5]. Devaney R.L. and Krych M., *Dynamics of $\exp(z)$* , Ergod. Th. Dynam. Sys. 4 (1984), 35–52.

[6]. Devaney R.L. and Goldberg L.R., *Uniformization of attracting basins for exponential maps*, Duke Math. J. 55 (2) (1987), 253–266.

[7]. Eremenko A.E., *On the iteration of entire functions*, Dynamical systems and ergodic theory, Banach Center Publications 23, Polish Scientific Publishers, Warsaw (1989), 339–345.

[8]. Fagella N., Jarque X. and Taixés J., *On connectivity of Julia sets of transcendental meromorphic maps and weakly repelling fixed points*, I, Proc. Lond. Math. Soc. (3) 97 (2008), no. 3, 599–622.

[9]. Fagella N., Jarque X. and Taixés J., *On connectivity of Julia sets of transcendental meromorphic maps and weakly repelling fixed points*, II, Fund. Math. 215 (2011), no. 2, 177–202.

[10]. Fatou P., *Sur les équations fonctionnelles*, Bull. Soc. Math. France 47 (1919), 161–271.

[11]. Hubbard J., Schleicher D. and Sutherland D., *How to find all roots of complex polynomials by Newton's method*, Invent. Math. 146 (2001), no.1, 1–33.

[12]. Karpińska B., *Area and Hausdorff dimension of the set of accessible points of the Julia set of $\lambda \exp z$ and $\lambda \sin z$* , Fund. Math. 159 (1999), 269–287.

Niniejszy artykuł jest nieznacznie rozszerzoną wersją wykładu wygłoszonego podczas Wiosennych Warsztatów Matematycznych zorganizowanych przez Centrum Studiów Zaawansowanych PW, które odbyły się w Wildze w dniach 12 - 14 maja 2022 roku.

Bogustawa Karpińska,
dr hab., prof. uczelni –
pracownik Zakładu Równań
Różniczkowych Zwyczajnych
na Wydziale Matematyki
i Nauk Informatycznych
Politechniki Warszawskiej. Jej
zainteresowania koncentrują
się wokół zagadnień
dynamiki holomorficznej,
geometrycznych własności
zbiorów Julii dla funkcji
całkowitych i meromorficznych
oraz wymiaru Hausdorffa
zbiorów Julii. Jest autorem
i współautorem wielu publikacji
naukowych oraz uznanym
dydaktykiem. W semestrze
letnim 2022/2023 poprowadzi
również wykład podstawowy
w Uczelnianej Ofercie
Dydaktycznej pt. *Frakrale*

KRAJOBRAZ NOWEJ ZELANDII OKIEM ARCHITEKTEK Z POLSKI

Podróż do Nowej Zelandii była moim marzeniem odkąd pamiętam. Nie sądziłam jednak, że zrealizuję je w ramach prac badawczych nad doktoratem i będzie to wyjazd związany przede wszystkim z eksploracją budownictwa projektowanego w duchu zrównoważonego rozwoju. Kraj zawsze jawił mi się jako dziki, piękny, odizolowany od reszty świata, niewiele przekształcony przez człowieka. Jednocześnie, będący w czołówce krajów wysoko rozwiniętych zdawał się być idealnym wzorem do naśladowania ze względu na dbałość o środowisko naturalne, a co za tym idzie niski ślad środowiskowy i węglowy budownictwa. Moim celem było zweryfikowanie tych założeń.

Wraz z koleżanką – Basią Majerską, która również doktoryzuje się na Wydziale Architektury zaczęłyśmy naszą przygodę w połowie września. Niejedna osoba mogłaby pomyśleć, że wybranie tego terminu, który jest końcem zimy w Nowej Zelandii jest szalonym pomysłem, biorąc pod uwagę fakt, że zależało nam na zwiedzeniu jak największej części kraju korzystając z takich form noclegów jak campingi, samochód, pola namiotowe i hostele. Rzeczywiście muszę im przyznać rację. Deszczowa pogoda przez większość wyjazdu oraz mroźne noce nie zachęcały do rozbijania namiotów, ani tym bardziej spędzania w nich nocy. Paradoksalnie, dzięki temu mogłam jeszcze lepiej zweryfikować swoje założenia na temat energooszczędności budynków korzystając z wielu różnorodnych hosteli i ich form chronienia przed środowiskiem zewnętrznym. Ku mojemu zaskoczeniu, nie chroniły one, tak jakbyśmy tego oczekiwały. Spanie w czapkach, kurtkach i dwóch parach swetrów było zaprzeczeniem tego, jak powinno sypiać się w budynkach. Oczekiwania dwóch Polek pochodzących z kraju zdecydowanie mroźniejszego, a jednak umiejącego radzić sobie z ogrzaniem wnętrza pomieszczeń, zderzyły się z zimną rzeczywistością.

Z początku pomyślałam, że to jest nawet pro-ekologiczne i sensowne myślenie – Nowozelandczycy po prostu nie zużywają tyle energii co my, w celu utrzymania optymalnej temperatury w budynkach. Jednak z każdym kolejnym dniem dostrzegałam też ułomność

takiej koncepcji. Cienkie ściany zewnętrzne, jednoszybowe okna, przez które przenika ciepło, spowodowało że nasze małe elektryczne grzejniki działały na najwyższych obrotach przez całą dobę. Wy tłumaczeniem takiego lekko-myślnego budowania są z pewnością częste trzęsienia ziemi, których mieszkańcy tego wspaniałego kraju doświadczają nawet 15 tysięcy razy w roku. Ich źródłem jest Hikurangi Margin – aktywna strefa subdukcji rozciągająca się na wschodnim wybrzeżu Wyspy Północnej, gdzie nachodzą na siebie płyty tektoniczne. Budowanie trwałych, murowanych, solidnych domów mija się w takim środowisku z jakimkolwiek sensem. Nawet kominy ceglane nie mają tu prawa bytu – przy pierwszym silniejszym trzęsieniu pękają i należy je wymienić na lżejsze i bardziej odporne na drgania.

Również klimat morski kraju sprawia, że średnia temperatura na przestrzeni miesięcy jest podobna i rzadko kiedy spada poniżej 5 stopni Celsjusza. Nowozelandczycy przyzwyczajeni są zatem do panujących warunków i nie odczuwają występującego zimna tak jak my – osoby, które pomimo regularnego obcowania ze srogimi zimami, lubią, gdy w pomieszczeniach panuje odczuwalna temperatura podobna do klimatu tropikalnego. Nie udało nam się zatem wtopić w tłum, pomimo wszelkich starań i umiejętności nawiązywania kontaktów. Nasze puchowe kurtki, czapki i śniegowce zbyt kontrastowały z ubiorem Maorysów, często ograniczającym się jedynie do kłapek, szortów i lekkiego t-shirtu, tym samym zdradzając nasze europejskie korzenie. Ponadto porównując nasz sposób budowania do nowozelandzkiego, warto również wziąć pod uwagę dostępność materiałów. Mieszkając w centrum Europy nie mamy jakiegokolwiek problemu z tego typu zagadnieniem. Sieć powiązań z krajami sąsiadującymi jest imponująca. Nawet jeśli na rynku polskim nie mamy dostępnych pewnych kategorii wyrobów budowlanych, z powodzeniem możemy dostarczyć je od jednego z kilkudziesięciu pobliskich sąsiadów. Natomiast Nowa Zelandia oddalona od najbliższego sąsiada Australii o ponad 2 tys. kilometrów, a kolejnego – Indonezji, o ponad 7 tys. km w linii prostej, ma stosunkowo

ograniczone możliwości handlowe. Jednak ma to również swoje dobre strony. W związku z niewielką dostępnością materiałów oraz niską konkurencją na rynku, w kraju nie zdołał się zakorzenić modny w zachodnim świecie konsumpcjonizm. Nowozelandczycy nie kupują masowo zbędnych produktów i sprzętów, ograniczając je jedynie do koniecznego minimum. Wielkie centra handlowe, banery reklamowe promujące materialistyczny styl życia są tam równie rzadko spotykane, jak ich narodowy ptak Kiwi.

W kontraście do małych, prostych w swej formie hosteli, stały jednak rozbudowane, postmodernistyczne wieżowce większych miast, takich jak Wellington czy Auckland. Odwiedziłyśmy kilka z nich, nie tylko jako turystki, ale również gościnnie, zaproszone do biur architektonicznych przez projektantów poznanych podczas konferencji rozpoczynającej nasz wyjazd. Odwiedzenie przestrzeni biurowych pracowni projektowych oraz rozmowa z tamtejszymi architektami były niezwykle inspirujące i uspakajające. Okazało się, że projektanci bardzo dużą wagę przykładają do tego, aby wychodzące z pracowni projekty były dokładnie przeanalizowane pod kątem oddziaływania na środowisko, zużywania energii zarówno w trakcie eksploatacji jak i samej budowy i rozbioru. Pracownie zatrudniają specjalistów, którzy zajmują się analizowaniem cyklu życia nowo projektowanych budynków.

Pomimo 12 godzinnej różnicy czasu i możliwości „spotkania” się jedynie w surrealistycznych porach nocnych, spotkania te zaowocowały rozwojem interesującej współpracy naukowej, która trwa również po powrocie do kraju.

Doktorantki Wydziału Architektury, Aleksandra Przywózka wraz z Barbarą Majerską są laureatkami programu Mobility PW.

Wyzwania, szanse, zamierzenia

Profesor Jan Stryk o kształceniu na Politechnice Warszawskiej

Trudno obiektywnie ocenić szanse, a nawet dobrze określić cele patrząc od wewnątrz, znajdując się w strumieniu intensywnych zmian. Chcąc mówić o przyszłości kształcenia technicznego, w szczególności zaś kształcenia na Politechnice Warszawskiej, szukam oparcia w referencjach zewnętrznych. W szczególności, chciałbym przybliżyć trzy stanowiska inspirujące do dyskusji o edukacji akademickiej, wypływające z trzech odmiennych środowisk intelektualnych.

będzie omawiać lub winien omawiać, jakiś inny temat”.

Drugie spojrzenie zarysowuje perspektywę historiozoficzną. Czytając książkę *Zmierzch Zachodu*, uświadamiamy sobie, że era przemysłowa rzeczywiście dobiega końca z całym bagażem towarzyszących temu zjawisk schyłkowych. Być może jednak wchodzimy w zupełnie nowy okres dający szanse na to, co Spengler nazywa szczytem kultur. Za nami dwa „piki cywilizacyjne” – pierwszy czyli myśl pitagorejska i dorobek

adwersarzy, to zacierają się granice sztuk. Okazuje się, że ludzie wybitni są zawsze interdyscyplinarni, wykraczają poza ramy ściśle wydzielonych „szuffadek” kompetencji.

Czy jesteśmy świadkami powstania nowej interpretacji świata? Czy wspólnie stworzymy założenia nowej koncepcji formalnej, nowej *matematyki*? Osobiście uważam, że tak, a jeśli tak, to przed nami kolejny moment rozkwitu.

Trzecia refleksja, którą przedstawiam pochodzi od osoby znanej nam w Politechnice – prof. Wojciecha Gasparskiego – dwukrotnego gościa Centrum Studiów Zaawansowanych, znakomitego polskiego prakseologa. Przywołuję go, gdyż nowa myśl strategiczna Uczelni czerpie z koncepcji prof. Gasparskiego. Podzielamy postrzeżenie kryzysu cywilizacyjnego, który nas dotyka związanego z wyczerpaniem zapasów wszelkiego typu. Kryzys ten może być przezwyciężony właściwie tylko drogą osiągnięcia pewnej masy krytycznej leżącej w świadomości społeczeństwa – prof. Gasparski nazywa ją załączkiem społeczeństwa projektującego. Projektowanie to relewantna zmiana w obszarze problemów praktycznych. Zmiana powinna być jednocześnie rzeczywista, ugruntowana poznawczo, sprawna, właściwa etycznie oraz pod względem estetycznym – na te dwa ostatnie aspekty zwracam szczególną uwagę. Projektowaniem nie może być nigdy działanie pozbawione podstaw etycznych. Jeżeli zbudujemy takie rozumienie projektowania i jeśli nauczymy się projektować w sposób ugruntowany etycznie to będziemy w stanie pokonać trudność, która obecnie osiągnęła skalę globalną.

Po tym wstępie przyjrzymy się bardziej konkretnym planom i zamierzeniom. Chciałbym pokazać przykładowe cele i sposoby ich realizacji. Służyć temu ma nowy dokument strategiczny. Skończył się horyzont poprzedniej strategii Politechniki Warszawskiej i czas by spojrzeć w przyszłość z nową energią. Aktualną strategię otwiera karta podstawowa zawierająca odniesienia do wizji, kontekstu, misji i wartości. Chcielibyśmy, żeby Politechnika →

„...studenci przychodzą jeszcze do naszych auli bo widzą, że dyskutuje się tu nad czymś, do czego mass media jeszcze nie doszły. Kiedy dojdą, uniwersytet będzie omawiać lub winien omawiać, jakiś inny temat...”

Umberto Eco

Zacznę od Umberto Eco i jego eseju *The University and the Mass Media*. Nie sposób w dzisiejszych realiach technologicznych współzawodniczyć z mediami komercyjnymi w sferze dostarczania informacji. Plastyczna, stale uaktualniana wiedza o stanie świata jest w nich znakomicie ujęta. Technologia informacyjna pozwala efektywnie gromadzić informacje, zestawiać fakty, dokonywać automatycznych kwerend, a nawet wnioskować z wykorzystaniem inteligentnych, samouczących się procedur. Gdzie więc miejsce dla uniwersytetu? Eco argumentuje, że przede wszystkim w sferze idei, hipotez, dyskursu i wymiany myśli. Píše, że: „studenci przychodzą jeszcze do naszych auli bo widzą, że dyskutuje się tu nad czymś, do czego mass media jeszcze nie doszły. Kiedy dojdą, uniwersytet

antyku, które zbudowały podstawy refleksji naukowej, interakcji kulturowo-cywilizacyjnej, i zdominowały na kilkaset lat uwagę Zachodu. Drugi zaś – to oświecenie, matematyka Kartezjusza, ruchoma czcionka i rozwój nauk empirycznych, który trwa wraz z konsekwencjami do początku XX wieku.

Wydaje się, że obecnie wkraczamy w nowy przedział historii myśli. Spengler mówi, że kiedy doświadczamy wzrostu zainteresowania dyskursem naukowym, zacierają się granice dyscyplin. Tak było w antyku, renesansie, w oświeceniu. Filozof wiąże impulsy intelektualnego wzrostu z czymś, co nazywa matematyczną koncepcją opisu świata. Jeżeli człowiek potrafi opowiedzieć o swoim bardzo złożonym otoczeniu w sformalizowany sposób, który jest przekonujący dla grupy jego

„Chcielibyśmy, żeby Politechnika Warszawska była referencyjnym ośrodkiem w dwóch podstawowych sferach: odkryć oraz projektowania...”

Warszawska była referencyjnym ośrodkiem w dwóch podstawowych sferach: odkryć oraz projektowania. Pierwsza wydaje się oczywistą powinnością uniwersytetu. Musimy dążyć do odkrywania rzeczy nowych, wyprzedzać świat technologii – jeśli tego nie zrobimy, to przegramy w konkurencji z mass mediami – nie będziemy efektywnie służyć społeczeństwu. Druga sfera jest szczególnie ważna dla uczelni technicznej – powinniśmy wykorzystywać nasze odkrycia dla mądrego projektowania. Projektowanie jest metodyką działania, ale również etosem, w którym chcielibyśmy, aby nasza społeczność funkcjonowała i czuła się komfortowo.

W strategii staraliśmy się uczynić priorytetowe nurty rozwoju Politechniki, zarówno w sferze naukowej jak i kształceniowej. Nie chodzi tu jedynie o potwierdzenie znaczenia priorytetowych obszarów badawczych funkcjonujących w ramach projektu IDUB. Te są obszarami doskonałości wąsko sprecyzowanymi, niekoniecznie czytelnymi w zewnętrznym odbiorze, a już na pewno nie pokrywają one mapy kompetencji naszej Uczelni w całości. Wydawało się potrzebne stworzenie ograniczonej liczby priorytetów aktywności, które byłyby czytelne w odbiorze społecznym i które dawałyby przestrzeń zarówno POBom jak i innym centrom doskonałości Politechniki. Widzimy cztery kierunki, które są dla Politechniki kluczowe: (1) fundamenty naukowe, natura i aparat jej opisu – dla zbudowania gruntu dla naukowych modeli otaczającego nas świata; (2) informacja i otoczenie cyfrowe – aby podmiotowo uczestniczyć w dokonującej się zmianie paradygmatu; (3) zdrowe, zrównoważone środowisko życia oraz (4) zrównoważony przemysł, materiały i procesy wytwarzania. Dwa ostatnie obszary są szczególnie ważne ze względu na budowę etosu uniwersytetu technicznego. Konsolidują badania ukierunkowane na rozwiązywanie najistotniejszych problemów rozwojowych, a także komunikują społeczność uczelni i otoczenie społeczne.

W przypadku Politechniki wkład do budowy racjonalnych, zrównoważonych rozwiązań cywilizacyjnych oznacza zarówno tworzenie teoretycznych modeli symulacyjnych jak i projektowanie rozwiązań technicznych opartych na tych modelach. Wiarygodność naszych zrównoważonych koncepcji i projektów zależeć będzie od doskonałości zbudowanej w dwóch pierwszych obszarach. Wysoka jakość studiów teoretycznych, to warunek wstępny innowacyjnej aplikacji. Medium cyfrowe stało się nowym językiem, który tworzy podstawy komunikacji transdyscyplinarnej i transkulturowej. Kompetencja w posługiwaniu się tym językiem zaczyna rzutować na wszystkie inne kompetencje.



Wymienione obszary powinny funkcjonować z udziałem POBów, tzn. nie są alternatywą, która rujnuje poprzedni sposób widzenia obszarów naszej doskonałości, tylko uzupełniają katalog tego, co Uczelnia ma do zaoferowania. Przyczynią się do tworzenia czytelnego wizerunku Uczelni na zewnątrz. Mówię o tym również w kontekście grantów dydaktycznych, bo uważam, że zgodnie z nową strategią rozwoju PW powinniśmy zrobić wszystko, żeby nie była pustym dokumentem, takim, którego nikt nie czyta, który nikomu do niczego nie służy, ewentualnie dostarcza abstrakcyjnych wskaźników, które staramy się co roku zmierzyć. Chcielibyśmy, aby strategia była narzędziem

używanym w codziennej pracy. W przypadku nowych inicjatyw finansowanych centralnie będziemy chcieli poszukiwać projektów interdyscyplinarnych realizowanych z inspiracji Uczelni będziemy chcieli skłaniać do poszukiwania nowych elementów składających się na mapę naszej interakcji ze społeczeństwem. Będziemy dążyć do myślenia o nich w kontekście tych czterech filarów, na których chcielibyśmy zbudować nasz obraz zewnętrzny. Dotychczasowa dyskusja Rektora z gremiami Uczelni, skłania nas do myślenia, że koncepcja, z uwzględnieniem koniecznych modyfikacji i uściśleń, trafia w oczekiwania społeczności i znajduje odzwierciedlenie w strategii przyjętej przez Senat Uczelni.

Kolejnym krokiem będzie urzeczywistnienie wstępnie zarysowanych priorytetów. Cele strategiczne, operacyjne i służące ich osiągnięciu działania zostały podzielone w sposób lekko odbiegający od dotychczasowej tradycji. Oprócz dwóch oczywistych w przypadku akademii obszarów: kształcenia i nauki, proponujemy podział kolejnych zagadnień na trzy grupy. Obejmuje on: (1) relacje Uczelni w różnych skalach – od wewnętrznych poprzez międzywydziałowe, międzyuczelniane aż do

relacji zewnętrznych w ujęciu europejskim, światowym. (2) społeczność i jej rozwój w kontekście budowy poczucia zaufania, ducha samodoskonalenia, pracy wspólnej oraz (3) zasoby Uczelni w ich materialnym i niematerialnym wymiarze.

Trudno szczegółowo komentować wszystkie cele i działania, nawet ograniczone do wymiaru kształcenia. Chciałbym jednak zwrócić uwagę na wybrane aspekty istotne z punktu widzenia dydaktyki, mające znaczenie również dla projektu, którym są *Granty dydaktyczne w PW*.

Koncepcja studiów II stopnia na Politechnice musi być przedmiotem stałej

troski i doskonalenia. To jest najsilniej deklarowana przez naszych studentów sfera potrzeb, niekiedy również przesztynienia i rutyny. Po reformie bolońskiej zdarzają się nam wciąż nie-

kontakt przechodzi do sfery cyfrowej, że powstają niebezpośrednie płaszczyzny wymiany myśli. Z drugiej strony, wiemy jaki jest odbiór studentów, jakie są potrzeby wynikające z naszej współ-

„Koncepcja studiów II stopnia na Politechnice musi być przedmiotem stałej troski i doskonalenia. To jest najsilniej deklarowana przez naszych studentów sfera potrzeb, niekiedy również przesztynienia i rutyny...”

jasności w rozdziale treści pomiędzy stopniami inżynierskim i magisterskim. Brakuje kierunków silnie osadzonych w nurcie badawczym, przygotowujących do pracy naukowej. Niewystarczająco korzystamy z szerokiej palety dyscyplin funkcjonujących w ramach Politechniki Warszawskiej. W grantach dydaktycznych realizowanych na uczelni od 2021 r. został podjęty temat studiów II stopnia, szczególnie w kontekście interdyscyplinarności, oraz kierunków opartych na metodyce PBL. Chcielibyśmy tworzyć do tego podstawy organizacyjne.

Regulamin konkursu na granty pojawił się wcześniej niż sformułowania strategii, ale brał pod uwagę kierunki toczącej się dyskusji. Sięgania po nowe metody nauczania jest wymogiem chwili. Mamy świadomość ogromnych ograniczeń wynikających z tego, że

pracy międzynarodowej, z tego jaki jest zakres mobilności, jaką ilością czasu ludzie dysponują. Chcielibyśmy nie odrzucać nowych narzędzi, lecz myśleć nad takim systemem kompozytowym, który pozwoliłby na harmonijne wpisanie ich w nasz tradycyjny akademizm. To jest drugi istotny obszar naszych pytań do uczestników pierwszych edycji konkursu na granty dydaktyczne. Nie ukrywam, że się temu bardzo uważnie przyglądam i każde nowo wytworzone narzędzie będziemy chcieli upowszechnić w środowisku politechnicznym. Odtwórcze jest [jak Umberto Eco pisał w eseju przywołanym na wstępie] używanie narzędzi, które po prostu wzięliśmy z korporacji i w bardzo prymitywny sposób wykorzystujemy. Jeśli więc mówimy o nowych narzędziach, to nie o dostosowanych naprędce komunikatorach,

zwalniających z konieczności przyjazdu do pracy, lecz o metodach które sami wytworzyliśmy, które pozwalają rozwiązywać problemy komunikacyjne twórczo, które ułatwiają pokonywanie barier geograficznych, epidemicznych, społecznych. Przykłady są zawarte w realizowanych grantach.

Mówiąc o relacjach Uczelni, celowo używam słowa otoczenie, a nie otoczenie społeczno-gospodarcze, które jest pojęciem zawężającym. Naszym otoczeniem jest również świat myśli europejskiej, globalnej, świat nowych koncepcji, który oczekuje na nowe rozwiązania, na poszerzenia obszaru wiedzy. Również ten element w grantach komisja konkursowa stara się dostrzec. Staramy się ośmielać społeczność akademicką do poszukiwań na zewnątrz naszego uniwersytetu. Do kontaktowania się z ludźmi gotowymi podjąć dialog dla realizacji celów, które będziemy wspólnie osiągać. Jeżeli tego dialogu nie uda się wzmacnić – pozostaniemy w izolacji, z ograniczonymi szansami na rozwój.

Program grantów dydaktycznych jest początkiem procesu kształtowania nowych rozwiązań w procesie nauczania na naszej uczelni. Chcemy, aby stale towarzyszyła mu dyskusja. Każda kolejna edycja, jej cele, regulamin i sposób realizacji musi bazować na wcześniej zebranych doświadczeniach. Naszą intencją jest aby plon kolejnych edycji istotnie się w tej dyskusji zaznaczył. Ważne aby w tym procesie, laureaci oprócz realizacji własnych, znakomitych pomysłów starali się nawiązywać relacje zarówno w gronie finalistów jak poza nim, na swoich Wydziałach, w przestrzeni interdyscyplinarnej. Wybrane w konkursach zespoły są ambasadorami grantów dydaktycznych i ufam, że pomogą doskonalić ich formułę, a przez dobre efekty – skłonią społeczność Uczelni do rozszerzenia zakresu i skali konkursu.

{19}

{ Profesor Jan Styk, dr hab. inż. arch. – od 2020 r. Prorektor ds. Studiów Politechniki Warszawskiej, wcześniej Dziekan (2016–2020) i Prodziekan ds. Studiów (2012–2016) Wydziału Architektury PW. Senator Politechniki Warszawskiej w latach 2016–2020, członek komisji senackich i zespołów rektorskich. Członek Komitetu Architektury i Urbanistyki PAN. W działalności badawczej koncentruje się na metodologii projektowania i zastosowaniu technik informacyjnych w architekturze. Autor dwóch książek, redaktor monografii zbiorowych, artykułów i rozdziałów w monografiach. Od 2009 r. Kierownik Pracowni Projektowania Architektonicznego Wspomagane Komputernie. Od 2010 r. współautor programu i nauczyciel na studiach Architecture for Society of Knowledge. Autor eksperymentalnych projektów oraz warsztatów międzynarodowych poświęconych doświadczeniom w rozszerzonych środowiskach architektonicznych. Inicjator i współautor koncepcji programowej międzywydziałowego projektu interdyscyplinarnego BIM. Autor i współautor ponad stu projektów architektonicznych oraz prac nagradzanych i wyróżnianych w konkursach architektonicznych. }



↑ Fot. 1. Studentka w trakcie eksperymentu poświęconego wskazaniu zmian w parametrach fizjologicznych wywołanych zmęczeniem



↑ Fot. 2. Realizacja pomiarów do ćwiczenia "Parametry wymiany gazowej w warunkach stacjonarnych". Jednym z celów laboratorium było zbadanie, czy wentylacja zależy od ułożenia ciała



↑ Fot. 3. Koszykarz w trakcie wykonywania testu zwinnosciowego. Jest to jeden z kilku testów na hali sportowej, którym zostali poddani nasi trenujący studenci

Towarzystwa Leczenia Otyłości, w czasie pandemii Europejczycy „zdobyli” dodatkowo nawet 6kg! W Polsce blisko 60% osób dorosłych zmaga się ze skutkami otyłości i nadwagi. Narodowy Test Zdrowia Polaków 2022 nie pozostawia złudzeń. Zdrowie odżywianie nie jest naszą mocną stroną: Polacy często sięgają po posiłki typu *fast food* oraz napoje słodkie. Z drugiej strony pojawia się temat aktywności fizycznej: według raportu MultiSport Index 2022 zaledwie 41% Polaków w wieku 18-64 lata spełnia zalecenia WHO w zakresie tygodniowej aktywności fizycznej. Ten sam raport wskazuje, że ruch uprawiają młodzi Polacy, uczący się lub pracujący. Można zatem sądzić, że nasi studenci należą do tej grupy. Są oni potencjalnymi odbiorcami projektu dydaktycznego „Rozwój interdyscyplinarnego profilu kształcenia z zakresu inżynierii biomedycznej i fizyki medycznej wobec wyzwań współczesnej fizjologii sportu”.

Główną inspiracją do przygotowania projektu dydaktycznego była pandemia i jej konsekwencje społeczne. Rynek potrzebuje wykształconych specjalistów, aby sprostać rosząącym się potrzebom w zakresie diagnostyki, profilaktyki i nowych terapii leczniczych, na przykład takich jak te, związane z rehabilitacją oddechową, które są odpowiedzią na syndrom long-COVID. Stan pandemiczny tylko przyspieszył trendy w zakresie medycyny spersonalizowanej. Można wskazać, że techniki pomiarowe, rejestracje zmiennych życiowych, systemy informatyczne, czy bazy danych są tematem numer jeden dla firm specjalizujących się w produkcji aparatury medycznej i urządzeń typu *wearables*. Coraz częściej dyskusje krążą wokół określenia „Super Big Data” (a nie „tylko” Big Data) w odniesieniu do codziennego obrazu stanu zdrowia, który powstanie z pomiarów parametrów życiowych tworzących wielopoziomową i oddziałującą „sieć fizjologiczną”.

Na tle tych dynamicznych procesów, zrodził się projekt, w którym połączyliśmy dwie ścieżki kształcenia. Z jednej strony zapoznajemy studentów z modelem eksperymentu (technika pomiarowa i odpowiedź fizjologiczna na wysiłek) z drugiej, wdrażamy ich w planowanie i realizację badań z udziałem ludzi. Pierwszym celem naszych działań było uruchomienie Laboratorium ze stanowiskiem pomiarowym do monitorowania aktywności fizycznej. Po blisko pięciu miesiącach prac organizacyjnych, w lutym 2022 roku, Laboratorium Wysiłku Fizycznego rozpoczęło działalność. Wtedy też zaprosiliśmy studentów drugiego stopnia do wspólnych badań eksperymentalnych. Nieco wcześniej, w semestrze zimowym został uruchomiony przedmiot Biofizyczne Podstawy Wysiłku Fizycznego. Kurs był wprowadzeniem do fizjologii wysiłku oraz prezentował obraz mechanizmów adaptacji do treningu. W semestrze letnim 2021/22 studenci rozpoczęli Laboratorium Badań Wysiłkowych. Nowa oferta dydaktyczna została skierowana do studentów dwóch Wydziałów, Fizyki oraz Mechatroniki. Opracowany materiał szkoleniowy stanowi kompleksowy pakiet obejmujący wprowadzenie teoretyczne, rachunkowe i eksperymentalne z zakresu: i) planowania i realizacji badań dotyczących zastosowań fizyki w fizjologii człowieka, w szczególności w fizjologii wysiłku ii) modelu pomiaru oraz fizycznych podstaw technik pomiarowych stosowanych w monitorowaniu aktywności fizycznej iii) mierzalnych w eksperymencie mechanizmów adaptacyjnych do wysiłku fizycznego. W ramach zaliczenia zajęć laboratoryjnych studenci przygotowywali raport badawczy w formie prezentacji, do którego mogli uzyskać wsparcie merytoryczne od zagranicznego

„Główną inspiracją do przygotowania projektu dydaktycznego była pandemia i jej konsekwencje społeczne. Rynek potrzebuje wykształconych specjalistów, aby sprostać rosząącym się potrzebom w zakresie diagnostyki...”

gościa – specjalisty z Instytutu Nauk o Sporcie (Uniwersytet w Rostocku). Dr Matthias Weippert przyjechał na spotkanie ze studentami do Polski. Zajęcia te odbywały się w języku angielskim. Wśród analizowanych zagadnień znalazła się m.in.: ocena wpływu maseczek (chirurgicznej, KN95) na stężenie CO₂ w powietrzu wydychanym, kinetyka zmian temperatury ciała w czasie wysiłku fizycznego oraz działanie kofeiny (w kawie) na parametry wymiany gazowej podczas wysiłków o stałym obciążeniu. To właśnie te zajęcia i wspomniane małe

projekty stały się inspiracją do realizacji badań naukowych integrujących środowisko politechniczne. Należy zaznaczyć, że pasja koszykarska naszego studenta, inż. Tomasza Wróblewskiego stała się podstawą nowej aktywności naukowej. W okresie wakacyjnym zespół obejmujący sekcję koszykarską Akademickiego Związku Sportowego (trener mgr Paweł Cęglowski), Instytut Metrologii i Inżynierii Biomedycznej (dr inż. Szymon Cygan) oraz Laboratorium Wysiłku Fizycznego rozpoczął prace nad projektem „Ocena zmian fizycznych koszykarzy pod

wpływem zindywidualizowanego treningu przedsezonowego oraz treningu prowadzonego w okresie rozgrywek”. Już we wrześniu miały miejsce pierwsze pomiary, zarówno w warunkach laboratoryjnych jak i na hali sportowej. Badania są zaplanowane na cały rok akademicki, dlatego na efekty naszych działań będzie trzeba poczekać do końca sezonu koszykarskiego 2022/23. Zaangażowanie studentów obejmuje również praktyki magisterskie (trwające dwa tygodnie), które były realizowane we wrześniu. Obecność studentów



↑ Fot. 4. Przygotowanie studenta do pomiarów na bieżni. W warunkach spoczynkowych rejestrowaliśmy oddech i EKG, w trakcie marszu i biegu tylko sygnał EKG.

„Laboratorium Wysiłku Fizycznego stało się przestrzenią do prac naukowych na różnych poziomach...”

{21}

była kluczowa na etapie planowania i pierwszych testów poprzedzających pomiary właściwe na naszych koszykarzach. Badania z udziałem ludzi zawsze wymagają odpowiedniego przygotowania obejmującego m.in. dokumentację (wytyczne, ankiety dla sportowców) i ustalone procedury pomiarowe.

Laboratorium Wysiłku Fizycznego stało się przestrzenią do prac naukowych na różnych poziomach. W naszych murach pojawili się goście ze szkół średnich, którzy mieli okazję uczestniczyć w praktykach oraz jednodniowych warsztatach. W czasie dni otwartych odwiedzali nas nie tylko maturzyści, ale i studenci, ciekawi, co kryje się pod nazwą Laboratorium Wysiłku Fizycznego. Z każdym tygodniem działalności, coraz większe doświadczenie zyskują również pracownicy nie tylko w zakresie kompetencji dydaktycznych, ale i w pomiarach wykorzystujących unikatowy sprzęt do badań wydolnościowych.

Sercowo-płucne testy wysiłkowe są coraz powszechniejszym narzędziem dla praktyki klinicznej w diagnostyce oraz rehabilitacji. W sytuacji braku przeciwwskazań do wykonania takich badań u pacjentów, wykorzystuje się je do oceny stopnia niewydolności serca, kontroli chorób wrodzonych, sprawdzenia stanu zdrowia osób z urządzeniami wszczepialnymi, a ostatnio również do oceny bezpieczeństwa leczenia onkologicznego. Obszar

wykorzystania tej techniki jest ogromny, w szczególności, że w trakcie badania kontrolowany jest stopień wysiłku i ciągła rejestracja zmiennych fizjologicznych pozwala na przerwanie testu w przypadku niepokojących objawów chorego (są odpowiednio sformułowane wytyczne lekarskie w tym zakresie). Po drugiej stronie zastosowań mamy badania dedykowane sportowcom i ocenie ich wydolności. Obszar działań również naukowych w tym

obszarze jest ogromny: w warunkach kontrolowanych można badać reakcję organizmu na suplementy w diecie, dostosowywać poziom treningu czy oceniać odpowiedź organizmu na warunki wysokogórskie. Mając świadomość, że badania sercowo-płucne nie należą do komfortowych, pracujemy nad tworzeniem rozwiązań, protokołów eksperymentalnych, które ów komfort mogą poprawić i będą doskonalić technikę pomiarową.

{ **Monika Petelcyc, dr inż.** - rozpoczęła pracę na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej w 2010 roku, gdzie obroniła rozprawę doktorską z modelowania zmienności rytmu serca. Obecnie jest adiunktem badawczo-dydaktycznym w Pracowni Fizyki Układu Krążenia Człowieka. Swoje zainteresowania naukowe skupia na diagnostycznych pomiarach nieinwazyjnych, głównie ze względu na ich ogromny potencjał wykorzystania w medycynie, zapewniający komfort pacjentowi. Jej obszar badań naukowych obejmuje również analizy rokownicze i różnicujące w oparciu o sygnały biomedyczne. W 2017 roku podjęła tematykę zastosowań fizyki w zrozumieniu fizjologii wysiłku. Rozpoczęła współpracę ze specjalistami eksperymentalnymi z Niemiec, Hiszpanii, którzy dysponując ogromnymi zbiorami danych, dostrzegają potrzebę tworzenia odpowiednich narzędzi do ich oceny oraz interdyscyplinarnego spojrzenia na stawiany problem. Zdobyte doświadczenie umożliwiło rozpoczęcie aktywności naukowo-dydaktycznej w Laboratorium Wysiłku Fizycznego, którego kierownikiem została w kwietniu 2022 roku. W nowej jednostce realizowane jest kształcenie przyszłych fizyków medycznych, inżynierów biomedycznych oraz prowadzone są prace naukowe. Nauczanie studentów jest jej pasją, która stale motywuje do zdobywania umiejętności w zakresie nowych technik dydaktycznych. }

STUDIA ID

Studia dla najzdolniejszych

„... zostały uruchomione elitarne indywidualne studia dla najlepszych kandydatów i studentów - Studia ID”

Na Politechnice Warszawskiej zostały uruchomione elitarne indywidualne studia dla najlepszych kandydatów i studentów - Studia ID. W ramach studiów PW oferuje indywidualizację drogi kształcenia pod okiem wybitnych nauczycieli akademickich. Proces kształcenia uwzględnia różne formy zajęć i stawia nacisk na kształtowanie samodzielności naukowej i gotowości do podejmowania różnych wyzwań. Intencją twórców programu jest również jak najlepsze przygotowanie uczestników do czekających ich wyzwań zawodowych.

W pierwszej edycji studiów ID bierze udział czternaście osób, które są finalistami i laureatami olimpiad: matematycznej, fizycznej, biologicznej, astronomicznej i chemicznej. Sześciu uczestników programu ID podczas rekrutacji wybrało studia na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych, cztery osoby na Wydziale Matematyki i Nauk Informacyjnych, trzy osoby na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa i jedna osoba na Wydziale Chemicznym. 24 października 2022 roku w Sali 123 w Gmachu Głównym Politechniki Warszawskiej

odbyło się pierwsze spotkanie studentów programu ID z przedstawicielami władz uczelni oraz członkami Rady Programowej. Studenci zostali uroczysto powitani przez kierownika studiów ID dra Adama Styka, przewodniczącego Rady Programowej prof. Stanisława Janeczko oraz Rektora PW prof. Krzysztofa Zarembę, który zachęcał młodych adeptów do podążania za własną pasją, a wówczas, jak twierdził Konfucjusz, nie przepracują w swoim życiu ani jednego dnia. W osiągnięciu tego celu mają pomagać studentom Tutorzy, wybrani spośród kadry naukowej Politechniki Warszawskiej. Dr Adam Styk przedstawił studentom cele i najbliższe plany programu ID. Program jest finansowany ze środków realizowanego na PW projektu „Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza” i realizowany w Centrum Studiów Zaawansowanych PW.

Jowita Krakowiecka

Geneza i stabilność symetrii

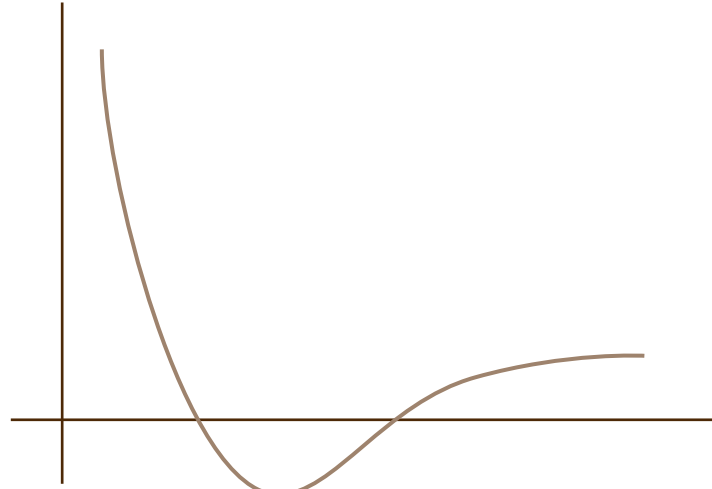
Tłumaczenie publikacji wybitnego matematyka francuskiego René Thoma z 1986 roku pt. „Sur l'origine et la stabilité des symétries”*

„Wszechświat sam w sobie jest często wyobrażany jako obiekt symetryczny, np. w modelu kosmologicznym ogólnej teorii względności, gdzie mówi się o promieniu wszechświata, jakby był symetryczny...”

Wstęp (opublikowany w 1990 r.)

Poniższy tekst wymienia różne typy symetrii obserwowane w obiektach naturalnych, uporządkowanych według ich wielkości malejąco: wszechświat, galaktyki, gwiazdy, ziemia, cząstki, atomy, cząsteczki elementarne. Skupia się szczególnie na symetriach obiektów obserwowalnych z poziomu ludzkiego (organizmy żywe, zjawiska meteorologiczne i geomorfologiczne). Mając na celu refleksję w obszarze bardzo małych obiektów mikrofizyki, charakteryzuje się zdrowym sceptycyzmem wobec symetrii globalnych świata, postulowanych przez fizykę klasyczną. Następnie, omawia zagadnienie niemal metafizyczne pochodzenia symetrii; czy są one wynikiem własności interakcji pomiędzy mniejszymi obiektami elementarnymi, czy przeciwnie – obiekty powinny być rozważane jako defekty symetrii obejmującej?

Podstawową trudnością związaną z fenomenem występowania symetrii w naturze, co stanowi jednocześnie



↑ Rys. 1

aspekt najbardziej interesujący, jest prawdopodobnie fakt, że jej koncepcja zawiera jednocześnie pojęcia ciągłości i nieciągłości. Formy lub konfiguracje symetryczne są obiektami rozciągłymi, które wymagają obecności obejmującej przestrzeni ciągłej, przestrzeni kartezjańskiej. Jednocześnie przejawiają one porządek niepodzielny, wyrażający się matematycznie poprzez zbiór operacji (grupę dyskretną lub ciągłą), która zachowuje dany obiekt. Ciągłość lub nieciągłość są obecne w teorii matematycznej grup Liego, gdzie występują grupy ciągłe, takie jak grupy obrotów, grupy euklidesowe itd. Jednak w rzeczywistym świecie fizycznym, ostateczna rzeczywistość wydaje się składać z elementów nieciągłych, cząstek lub atomów. Mamy więc dwa sposoby zupełnie różne rozumienia zjawiska symetrii. Z jednej strony symetria tworzy się poprzez interakcję ukrytych elementów dyskretnych, jak interakcja binarna między atomami, powodowana potencjałem przedstawionym na rysunku nr 1 (przyciąganie na dużej odległości, odpychanie na małej), który generuje stan krystaliczny; jest to symetria *a posteriori*. Z drugiej strony symetria może powstawać *a priori* i kreować swoje własne zjawiska, jak złamanie symetrii lub defekty; jest to symetria *a priori*. Warto tu nadmienić, że w fizyce klasycznej postuluje się jednocześnie symetrie globalne (grupy Liego) i cząstki. Strategia fizyki w tym

zakresie jest połączeniem hybrydowym tych dwóch podejść. Sytuacja ta wymaga oczywiście wzięcia pod uwagę rezultatów empirycznej obserwacji. Zaczniemy od kilku zagadnień ogólnych dotyczących niektórych faktów symetrii empirycznych.

I Podstawa empiryczna

Funkcja symetrii przestrzennych zależy od skali badanych zjawisk. Istnieją obiekty w przybliżeniu symetryczne o dużych rozmiarach np. galaktyki spiralne. Wszechświat sam w sobie jest często wyobrażany jako obiekt symetryczny, np. w modelu kosmologicznym ogólnej teorii względności, gdzie mówi się o promieniu wszechświata, jakby był symetryczny. Gwiazdy, słońce i planety mogą być obserwowane jako kule w przestrzeni euklidesowej, co najmniej w dobrym przybliżeniu. W skali ziemskiej znajdujemy również struktury symetryczne dużych rozmiarów: układy chmur na zdjęciach satelitarnych; w geomorfologii zdarzenia związane z erozją przejawiają się często jako duże struktury symetryczne (wydmy pustynne, formacje *bad lands* etc.). W skali ludzkiej, symetrią najbardziej ewidentną jest obustronna symetria ciała, obecna również w wielu gatunkach zwierząt np. u kręgowców. Zauważmy przy okazji, że ta obustronna symetria pochodzenia biologicznego rozciąga się na większość naszych narządów. Wiemy jednakże, że ta

symetria zostaje złamana, jeśli chodzi o nasze organy wewnętrzne. U człowieka, asymetria organów wewnętrznych może występować w około dwóch na 1000 przypadków. Nazywamy to *situs inversus*: osobnik może mieć serce po prawej stronie, a wątrobę po lewej. Liczne organy biologiczne mają symetrię: pięciokątna symetria kielichów kwiatowych lub symetrie przestrzenne niektórych niższych organizmów jak promienice i wirusy. Ale tutaj jesteśmy na progu symetrii mineralogicznych. Generalnie te makroskopowe symetrie są tylko w przybliżeniu, nie odpowiadają, porównując – ani w precyzji, ani w zasięgu – symetrii stanów fazowych materii, jak stan krystaliczny. Bardzo prawdopodobne, że większość tych zjawisk tłumaczy się jako efekt zasady wariacyjnej, jak nierówność izoperymetryczna, której działanie decydujące wchodzi w konflikt z szumem powodującym zaburzenie. H. Weyl¹ tłumaczył symetrię dwustronną kręgowców poprzez ograniczenie dynamiczne ruchu (zmniejszenie oporu ruchu). Organicznie to zanika przy organach wewnętrznych i innych ograniczeniach funkcjonalnych jak wydłużenie przewodu pokarmowego wymuszone przez powolne trawienie, co doprowadza do złamania symetrii zewnętrznej.

Najważniejszymi symetrami w doświadczeniu są te, które reprezentują konfiguracje materii na poziomie bezpośrednio wyższym niż molekularny. Struktury krystaliczne grają rolę paradygmatyczną, w takim stopniu, że w fizyce mówi się o gazie sieciowym

(cudowny oksymoron). Ograniczenia wymiarowości prowadzą do określenia grup krystalograficznych grupy euklidesowej, z których niektóre nie znajdują się w naturze. Można się zastanowić, czy stany uporządkowane materii, jak kryształy ciekłe (smektyczne, nematiczne i cholesteryczne), powinny być rozważane jako obiekty symetryczne ściśle rzecz ujmując. W każdym razie, uważam za nierozsądne wykluczenie ich z ogólnej teorii symetrii naturalnych. Ich teoria matematyczna nie jest oparta na grupach, ale na pseudogrupach wprowadzonych przez Elie Cartana. Niestety te pseudogrupy nie posiadają pięknych właściwości matematycznych grup i dlatego nie przyciągnęły dotychczas uwagi fizyków. Jestem przekonany, że pomiędzy pseudogrupami odkrytymi przez E. Cartana są trzy związane z podstawowymi stanami fazowymi materii. Te, które zostawiają niezmienną formę symplektyczną odpowiadającą stanowi stałemu, te które pozostawiają niezmienną objętość stanu ciekłego i te które stanowią dyfeomorfizmy dowolne odpowiadające stanowi gazowemu. Jednakże teoria faz lokalnych oczekuje wciąż na teoretyka wystarczająco odważnego, żeby złamać tyranie formalizmu mechaniki statystycznej.

Opis defektów w strukturze symetrycznej dostarcza zagadnień konceptualnie bardzo interesujących. Defekty mogą organizować się w struktury symetryczne wyższego rzędu i mogą same prezentować superdefekty, które następnie mogą tworzyć symetrię superdominującą i tak dalej. Stąd konieczność wzięcia pod uwagę struktur hierarchicznych podgrup, G_i

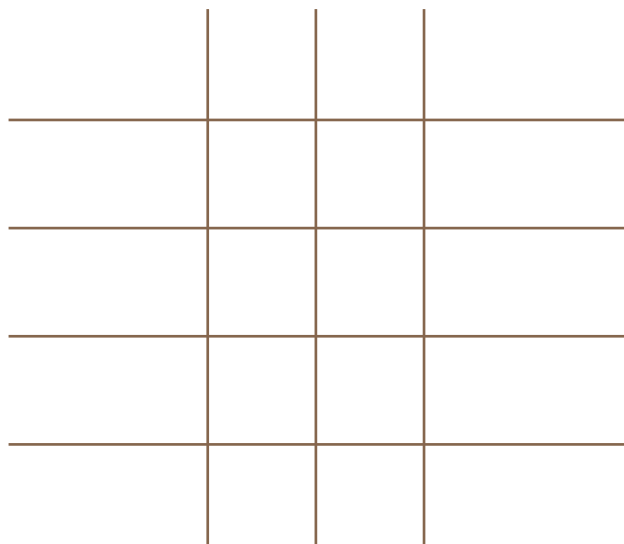
→ G_{i+1} , podgrup G_{i+1} rządzącej defektami struktury związanej z G_i . Możemy w niektórych przypadkach obserwować strukturę formalną grafu, która reintegruje się izomorficznie sama ze sobą. Prowadzi to do struktury samopodobnej lub fraktalnej, obiekt bardzo modny obecnie, ale który może istnieć materialnie tylko w sposób przybliżony, gdyż iteracja musi się zatrzymać. Na poziomie molekularnym, pojęcie symetrii prowadzi do badań nad izomerami, które w przeszłości stanowiły interesujące dociekania (L-molekuły w organizmach żywych).

II Symetrie powstałe z elementów nieciągłych

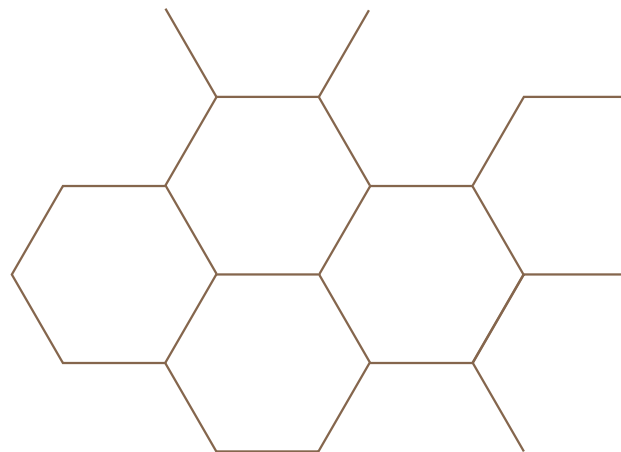
Idea narzucająca się naturalnie, że punkty materialne mogą, z powodu ich interakcji, tworzyć spontanicznie struktury symetryczne, nie była rozwijana prawidłowo. Zbyt często przywoływane samoorganizacji zastępuje wyjaśnienie. Dobrym przykładem takiego podejścia jest ten prezentowany przez Duneau-Katza². Chodzi o następujące zagadnienie: jeśli mamy zbiór punktów w \mathbb{R}^3 , które przyciągają się wzajemnie przez siły, które definiuje potencjał dwóch ciał typu van der Waalsa, odpychający na małej odległości, przyciągający w otoczeniu wartości a minimum potencjału, to czy minimum energii całkowitej $V(x) = \sum V(x_i)$ jest osiągane przez strukturę krystaliczną? Ci autorzy pokazują istnienie rozwiązań krystalicznych dla danego potencjału, ale nie mogą określić jego stabilności.

¹ H. Weyl, *Symmetrie*, Princeton University Press, 1952; Bâle, Birkhäuser Verlag, 1955

² M. Duneau, A. Katz, „Stability of Symmetries for Equilibrium Configurations of n Particles in Three Dimensions”, *J. Statist. Physics*, 29, 1982, n° 3, str. 475-498



↑ Rys. 2



↑ Rys. 3

Prosty fakt, że w płaszczyźnie Oxy, mogą występować siatka kwadratowa $x = n_1, y = n_2$ (rys. 2) lub sieć sześciokątna (rys. 3) jako możliwe rozwiązania, pokazuje, że obliczenie stabilności może być ogólnie bardzo trudne.

Skoro siły van der Waalsa są pochodzenia kwantowego, ponieważ powstają z interakcji spinów elektronowych sąsiednich atomów (które przechodzą w związek chemiczny, kiedy odległość między cząsteczkami zbliża się do wielkości cząsteczki), uprawnionym jest stwierdzić, że nie istnieje obecnie precyzyjne uzasadnienie stanu stałego – przynajmniej na poziomie fundamentalnym. Jest to również prawdą *a fortiori* dla stanu ciekłego i stanów uporządkowanych (nematycznego, smektycznego etc.). Ta luka w opisie fizycznym naszego świata niepokoi, podczas gdy fizyka klasyczna pretenduje do bardzo ścisłego opisu zachowania cząsteczek na poziomie kwantowym.

Istnieje oczywiście wielka teoria przejść fazowych związana z metodami mechaniki statystycznej oraz, od niedawna, z teorią grup renormalizacji. Muszę przyznać, że jest tu pewna niewiadoma, przynajmniej dla mnie. Jak, stosując „*coarse graining*”³ Boltzmana w dynamice ergodycznej i wykorzystującej zderzenia cząsteczek, można oczekiwać uzyskania całej różnorodności konfiguracji lokalnych obecnych w materii. Ta obiekcja nie dotyczy metody średniego pola Landaua, która odnosi się głównie do aspektu termodynamicznego degeneracji danej symetrii do jej podgrup, co prowadzi do rozwinięcia osobliwości wielomianowej przez elementy niezmiennicze względem podgrupy. W tym miejscu jednak wchodzimy w dziedzinę metod *a priori*.

III Metoda *a priori*: od ciągłości do nieciągłości

Przypuszcza się, że mamy tutaj do czynienia ze stanami uporządkowanymi. W każdym punkcie przestrzeni, podgrupa izotropii $SO(3)$ redukuje się do podgrupy Γ_x i przestrzeń jednorodna $SO(3)/\Gamma_x = F_x$ jest włóknem lokalnym struktur jednorodnych. Wtedy, stan uporządkowany w obszarze U może być zdefiniowany przez cięcie σ wiązki $E \xrightarrow{\sigma} U$ z włóknem F_x . Należy czasem wprowadzić struktury nielokalne, otrzymane z nakrycia $\Psi: \mathbb{R}^3 \rightarrow T^3$, gdzie torus T^3 definiuje sieć struktury. Pojawia się zatem konflikt struktur lokalnych.

Konflikt ten pojawia się najpierw w przestrzeni parametrów intensywnych (np. płaszczyzna p, T – ciśnienie, temperatura – diagram fazowy). Następnie pojawia się w czasoprzestrzeni (x, t) . Jeśli w każdym punkcie \mathbb{R}^4 jest równowaga termodynamiczna lokalna, istnieje odwzorowanie kanoniczne $\Delta: \mathbb{R}^4 \rightarrow (p, T)$ definiujące ciśnienie i temperaturę w każdym punkcie (x, t) . Jeśli znamy diagram fazowy definiujący przejścia fazowe (zbiór rozdziału faz K na płaszczyźnie p, T) możemy wywnioskować z odwzorowania Δ rozkład przestrzenny faz. Niestety, to odwzorowanie Δ nie jest generyczne w punkcie krytycznym, na tyle że granica pomiędzy fazami jest bardzo niewyraźna w obszarze krytycznym. Ponadto, przekroczenie wyraźnego zbioru rozdziału faz może prowadzić do skomplikowanych morfologii np. wrząca woda, w przejściu woda ciekła/para wodna!

Istnieją jeszcze trudności teoretyczne w policzeniu diagramu fazowego danej realnej substancji. Stąd idea rozmieszczenia osobliwości, która jest metodologicznie kluczowa. Jednakże jak widzieliśmy powyżej, metoda Landau może dostarczyć w wielu przypadkach, przynajmniej jakościowo, satysfakcjonujący opis diagramu fazowego, pomimo że daje ona charakterystyczne niedokładne wykładniki krytyczne, ponieważ temperatura nie jest precyzyjnie zdefiniowana w obszarze krytycznym.

Ostatnie odkrycie quasi-kryształów, otrzymanych z odwzorowania regularnego kryształu \mathbb{R}^{3+k} w \mathbb{R}^3 , stawia wiele fundamentalnych pytań. Można by sformułować pierwsze pytanie następująco. Ile porządków lokalnych niezależnych może współistnieć w jednym danym punkcie przestrzeni lub czasoprzestrzeni? W obszarze nieskończonym quasi-kryształu są dwa porządki lokalne będące w konflikcie. Można spekulować, że w miarę jak porządki lokalne implikują jednostki fizyczne podlegające polom fizycznym oddzielnym i niesprzężonym, te porządki lokalne mogą współistnieć bez zakłócenia (np. układ elektromagnetycznych fal stojących może współistnieć w przestrzeni razem z systemem stojących fal akustycznych). Jednakże, gdybyśmy chcieli je zrealizować w formie układu statycznego, byłoby dziwnym, gdyby więcej niż trzy z nich mogły współistnieć lokalnie bez powodowania sytuacji chaotycznej.

Konflikt pola struktur lokalnych zestawiony z nim samym, może powodować defekty. Jeśli są one stabilne, powinny

spełniać regułę Klémana-Toulouse’a⁴. Dla jednorazowego defektu, wiązka ε regularnych struktur lokalnych wokół osobliwego punktu O musi być trywialna na sferze $\mathbb{R}^n - O = S^{n-1}$, jeśli osobliwość jest usuwalna przez niewielką deformację, jak również cięcie lokalne σ w O , określone przez klasę homotopii $g: S^{n-2} \rightarrow \text{Aut}(F_x)$, musi być trywialne. Tutaj S^{n-2} jest równikiem S^{n-1} . Jeśli ta klasa nie jest zerowa, osobliwość nie może być usunięta, jest ona wyizolowana i stabilna (np. jeśli odwzorowanie jest stopnia 1 w zwykłym rozumieniu).

Typowa osobliwość w \mathbb{R}^4 struktury uporządkowanej ciągłej nie może istnieć w sposób stabilny, jeśli grupa strukturalna wiązki $\text{Aut}(F_x)$ jest grupą Liego G , skoro $\pi_2(G) = 0$ dla każdej grupy Liego. W modelu wszechświata, gdzie materia i promieniowanie byłyby defektami eteru uporządkowanego, pojedyncze wydarzenia wyizolowane nie mogłyby istnieć w sposób stabilny. Każde zjawisko jest zatem związane z obecnością osobliwości wymiaru co najmniej 1 (w \mathbb{R}^4) np. cząstki punktowe, lub aby być dokładnym, zerowymiarowe poruszające się w \mathbb{R}^3 . Odpowiednia grupa stabilności byłaby taka, że $\pi_1(\text{Aut}(F_x)) \neq 0$: powinno więc być $S^1 = SO(2)$ lub $SU(1)$. Kuszące jest, aby sądzić, że grupa ta mogłaby być powiązana ze złożonym charakterem funkcji falowej mechaniki kwantowej. Wiązka ε z bazą S^2 w \mathbb{R}^3 odpowiada wiązce nad okręgiem, rozwłóknienie Hopfa $S^3 \rightarrow S^2$, które jest indukowane na płaszczyźnie rzutowej $PC(2)$ wzorem $Z_2/Z_1 = \lambda$ (gdzie Z_2, Z_1 stanowią współrzędne afiniczne w $PC(2)$ i λ współrzędną zwartą na sferze Riemanna S^2). Reguła Klémana-Toulouse’a nie wystarczy do scharakteryzowania wszystkich osobliwości stabilnych, ponieważ nie uwzględnia warunku integralności związanej z niektórymi strukturami stowarzyszonymi. Cholesteryki są zdefiniowane przez pole dwóch płaszczyzn dualnych 1-formy ω i ta 1-forma musi być całkowalna $\omega \wedge d\omega = 0$. Osobliwości w ten sposób otrzymane nazywają się systemami Friedla związanymi z parą stożków ogniskowych. Są również powierzchnie tworzące granice tych systemów.

Ostatnie słowo na temat znaczenia grupy symetrii wewnętrznej w fizyce klasycznej. Symetrie są ukryte i zostają odkryte poprzez proces dopasowania stosowanego do multipletów widmowych. Podstawowym schematem jest

³ Obserwację tę zawdzięczam rozmowie z profesorem Elliottem Liebem

⁴ M. Kléman, L. Michel, G. Toulouse, „Classification of Topologically Stable Defects in Ordered Media”, *Journal de Physique, Lettres*, t. 38, maj 1977, str. 795-797

„Nie można dzisiaj rozpatrywać roli symetrii w Nauce jako satysfakcjonującej, gdyż symetrie obiektów w skali ziemskiej, w biologii, geologii, meteorologii etc. są z natury przybliżone, należą do zjawisk samoorganizacji”

efekt Zeemana. Poprzez dodanie pola magnetycznego H do ładunku o sferycznej symetrii, powoduje się degenerację wielokrotnej wartości własnej w całości wartości własnych lokalnych. Złamanie symetrii $SO(3) \rightarrow SO(2)$ powoduje rozkład bardzo specyficzny wielokrotnych początkowych wartości własnych (wielokrotność definiowana jako wymiar powiązanej reprezentacji stowarzyszonej). Pojawia się tutaj rozkład pierwiastków wielokrotnych wielomianu charakterystycznego, który pozwala na rekonstrukcję złamania danej symetrii. Jest to przypadek szczególny zagadnienia: „czy możemy usłyszeć kształt bębna?”. To znaczy, czy możemy zrekonstruować obszar U , na którym rozwiązaliśmy równanie Laplace’a $\Delta u = \lambda u$ (z zerowym warunkiem na brzegu), skoro znamy widmo operatora?

W tym ujęciu, symetrie przejawiają się jako hermeneutyczne narzędzie do interpretowania spektrografii. Mówi się, że to podejście odniosło pełen sukces w opracowaniu interakcji pomiędzy różnymi rodzajami cząstek (leptonów, hadronów etc.). Nie będę omawiał tego twierdzenia, w związku z którym następstwo ostatnich wyborów grup symetrii wewnętrznych czyni to twierdzenie co najmniej wątpliwym. To być może dowodzi tylko, że jesteśmy wciąż ofiarami tej samej iluzji w Nauce. Symetrie oferują potężne metody do przewidywania zjawisk, ponieważ jeśli znamy część konfiguracji symetrycznej w wystarczającej skali, możemy zrekonstruować całość, stosując przekształcenia symetrii. Jednakże, każdy konstruktywny proces wymaga stworzenia struktury grupowej.

Wszystkie te fakty tłumaczą, dlaczego umysł ludzki był zawsze zafascynowany prostymi strukturami symetrycznymi. Nasi przodkowie wierzyli, że powierzchnia Ziemi była płaska. Wielu fizyków do tej pory uważa, że nasz świat jest przestrzenią Minkowskiego. Nie można dzisiaj rozpatrywać roli symetrii w Nauce jako satysfakcjonującej, gdyż symetrie obiektów w skali ziemskiej, w biologii, geologii, meteorologii etc. są z natury przybliżone, należą do zjawisk samoorganizacji. Implikują obiekty lub lokalne konfiguracje, które nie rozciągają się w nieskończoność... Symetrie fizyki klasycznej są kosmologiczne i – powiedzmy – precyzyjne (przy nierozsądnej ścisłości praw fizycznych jak powiedział Eugène

Wigner). Dotyczą jednocześnie nieskończonej wielkości (struktura globalna czasoprzestrzeni) i nieskończenie małych rozmiarów (cząstki o wysokiej energii). Jak długo będzie trwać jeszcze ta dziwna dychotomia? Nie mogę ukryć swojego sceptycyzmu na ten temat.

Jeśli wierzymy, że Timajos Platona, że świat został stworzony przez demiurga matematycznie uzdolnionego i bardzo przebiegłego, zatem celem uczonego jest odkrycie jak ten demiurg pracował oraz ujawnienie jego sekretów. Za Platonem i Keplerem, który wpisał wielościany foremne w kule planetarne, wierzymy wciąż, że sekrety świata są związane z tajemniczą grą foremnych figur geometrycznych. Tylko przyszłość pokaże, czy to przekonanie okaże się prawdziwe ostatecznie.

Tłumaczenie z języka francuskiego
Ilona Sadowska

*Nota wydawnicza:

Tekst pochodzi z sympozjum na temat symetrii, 13-17 czerwca 1986 r., Technische Hochschule, Darmstadt. In *Symmetrie in Geistes und Naturwissenschaft*, Rudolf Wille (ed.), Springer Verlag, 1988, str. 73-79. Tłumaczenie francuskie, in *AL*, str. 269-278.

{ **Profesor René Thom** (1923 - 2002) – francuski matematyk. W latach 1957–1967 profesor Uniwersytetu w Strasburgu, od 1963 Instytutu Wyższych Studiów Naukowych w Bures-sur-Yvette pod Paryżem. Od 1967 członek Francuskiej Akademii Nauk. Autor prac głównie z topologii algebraicznej i różniczkowej (przestrzeń Thoma), twórcza teorii katastrof (1966). W 1958 został nagrodzony Medalem Fieldsa. Jego talent matematyczny ujawnił się już w dzieciństwie. Był to jednak okres wojny i jego rozwój naukowy nie mógł przebiegać normalnie: René Thom uzyskał doktorat (którym opiekował się naukowo słynny Henri Cartan) dopiero w 1951. Największy rozgłos przyniosła mu stworzona przez siebie teoria katastrof (choć nie za nią uzyskał Medal Fieldsa). Teoria ta opisuje możliwe nieciągłe skutki ciągłych działań. Sprawdziła się ona w zastosowaniach technicznych. Teorię katastrof próbowano stosować do opisu zachowań społecznych, lecz z małym skutkiem. Thom zdobył także za swe osiągnięcia Wielką Nagrodę Naukową Miasta Paryża (1974) i uzyskał m.in. prestiżowe, honorowe członkostwo Londyńskiego Towarzystwa Matematycznego (1990). }

LAUDACJA NA CZEŚĆ WŁADYSŁAWA FINDEISENA - LAUREATA KOSMOSU PITAGORASA

Wyróżnienie Centrum Studiów Zaawansowanych PW „Kosmos Pitagorasa” zostało przyznane po raz siódmy

Motto wyróżnienia statuetką Kosmos Pitagorasa: *Chwała Ci za to, że nie pozwoliłeś nalożyć więzów na swój umysł i swojego ducha stanowi wymagające kryterium wyboru laureatów. W 2022 r. wyróżniony został Pan Profesor Władysław Findeisen. Wola i wzory etyczne Profesora są zgodne z imperatywem kategoriowym Kanta „czyń tak, aby twoje postępowanie mogło stać się normą dla każdego w twoim położeniu”.*

Przodkowie profesora Władysława Findeisena przybyli do Polski z Saksonii i osiedlili się w Gostyninie, gdzie pradziadek profesora był właścicielem browaru i farbiarni. Dziadek, Gustaw Findeisen, po utracie majątku rodziców rozpoczął służbę w administracji Królestwa Polskiego. Pracował m.in. na kolei warszawsko-wiedeńskiej, której dyrektorem został w 1872 roku wprowadzając liczne reformy dla rozwoju kolejnictwa. Był człowiekiem niepospolitym, doskonałym organizatorem i patriotą. Podobne postawy prezentował ojciec profesora, Stanisław Findeisen, absolwent politechniki w Berlinie, który był aktywnym i przedsiębiorczym dyrektorem elektrowni w Łodzi oraz pełnił ważne funkcje w odradzającej się Polsce. Uczestniczył w wojnie z bolszewikami w 1920 roku, podczas której był członkiem Straży Obywatelskiej i komendantem jednego z okręgów Warszawy.

Rodzice prof. Findeisena wychowywali swoje dzieci dając im przykład służby Ojczyźnie i drugiemu człowiekowi. Takie wychowanie miało duży wpływ na wybory życiowe i postawy patriotyczne dzieci. Profesor Findeisen i jego bracia byli czynnymi uczestnikami Powstania Warszawskiego w 1944 roku. Bracia polegali w walkach powstańczych.

W ramach tajnego nauczania zdał maturę w Liceum im. Stanisława Staszica w Warszawie w 1944 roku.

Po powrocie ze stalagu w grudniu 1945 roku rozpoczął studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej, które ukończył w 1949 roku. Całe swoje życie zawodowe związał z PW. Już od 1948 pracował jako asystent w Katedrze Miernictwa Elektrycznego pod kierownictwem prof. K. Drewnowskiego, a w latach 1949-51 był asystentem w Katedrze Telekomunikacji. Po studiach aspiranckich w latach

1951-1954 obronił pracę doktorską pod opieką prof. S. Kuhna. W 1957 został docentem, następnie profesorem nadzwyczajnym (1962) i profesorem zwyczajnym w 1971 roku. Jeszcze jako adiunkt współorganizował Katedrę Automatyki i Telemechaniki, przekształconą w Instytut Automatyki, którą kierował do 1981 roku, kiedy to został wybrany na stanowisko rektora.

W pracy naukowej prof. Findeisen zajmował się problematyką teorii i techniki regulacji automatycznej, w szczególności wielopoziomowymi i wielowarstwowymi układami sterowania. Jest autorem licznych publikacji z tej tematyki. W okresie aktywności naukowej współpracował z czołowymi ośrodkami naukowymi na świecie. Został wyróżniony doktoratami honorowymi City University London, Technische Universität Ilmenau, Politechniki Gdańskiej i Politechniki Warszawskiej.

Przez całe swoje życie poświęcał się pracy społecznikowskiej, zgodnie ze spełnianiem służby drugiemu człowiekowi. Tak było w pracach na stanowisku Przewodniczącego Prymasowskiej Rady Społecznej, Senatora i prezesa Kasy im. Józefa Mianowskiego. Za swoją działalność Profesor został wyróżniony licznymi nagrodami i odznaczeniami, w tym Orderem Orła Białego.

Profesor Findeisen jest szczęśliwym ojcem trojga dzieci. Ma dziesięcioro wnucząt i szesnaścioro prawnucząt.

Szczególnym okresem w aktywnym życiu Profesora, ważnym dla społeczności akademickiej Politechniki Warszawskiej był czas pełnienia funkcji Rektora.

Sytuacja polityczna powstała w czasie festiwalu Solidarności 1980-81 spowodowała, że Minister Szkolnictwa Wyższego zgodził się na powrót do podstawowego atrybutu autonomii i samorządności w wyborach Rektora. W tych okolicznościach i nowych warunkach Rektorem został wybrany profesor Władysław Findeisen, który objął tę funkcję po oficjalnym zatwierdzeniu w dniu 22 kwietnia 1981 roku.

Rektor Findeisen przeprowadził Uczelnę, przy minimalizacji wszelkich nieuniknionych strat, przez trudny okres stanu wojennego. Po ponownym wyborze na drugą kadencję w 1984 roku, poprzez naciski opresyjnego reżimu

i aparatu partyjnego Komitetu Warszawskiego PZPR, w listopadzie 1985 roku Minister odwołał prof. Findeisena z funkcji Rektora. Spotkało się to z ostrym sprzeciwem studentów i społeczności akademickiej Politechniki Warszawskiej, którzy zorganizowali w Auli Głównej PW wiec poparcia, podkreślając swoje uznanie dla postaw i wartości prezentowanych przez szlachetnego i dobrego Człowieka, dla którego inny człowiek i jego sprawy były nadrzędne przy podejmowaniu decyzji wynikających z prerogatyw Rektora.

Konsolidacja społeczności akademickiej, wokół zasady dla której Uczelnia jest dobrem wspólnym, była głównym motywem działań Profesora. Jednym ze świadectw tego działania jest wypowiedź prof. Macieja Grabskiego: „Pracuję w Politechnice Warszawskiej już przeszło ćwierć wieku, ale dopiero w czasie ostatnich czterech i pół roku poczułem się częścią tej uczelni, a nie jej gościem czy też najemną siłą roboczą. To było kształcące doświadczenie.”

Odnosząc się do motta wyróżnienia prof. Władysława Findeisena statuetką Kosmosu Pitagorasa, z bogatego życiorysu Laureata można wyróżnić trzy elementy wynikające z różnej perspektywy przeżyć i aktywności i podkreślające spójność i trwałość wartości i postaw Profesora:

- przeżycia z wojny i Powstania, które wpłynęły na sposób patrzenia na innego człowieka,
- konsolidacja społeczności akademickiej wokół wznowienia studiów w stanie wojennym i ochrona studentów przed represjami,
- szersze spojrzenie na sprawy społeczne, w tym emigrację młodych Polaków oraz ich udział w życiu społecznym z perspektywy prac w Prymasowskiej Radzie Społecznej.

** laudacja została wygłoszona podczas uroczystości wręczenia wyróżnienia, która odbyła się 26 kwietnia 2022 w Sali Senatu Politechniki Warszawskiej z udziałem władz uczelni oraz wielu znakomitych gości.*

Prof. Leon Gradoń

Kryzys kadrowy w dziedzinie technologii półprzewodnikowej

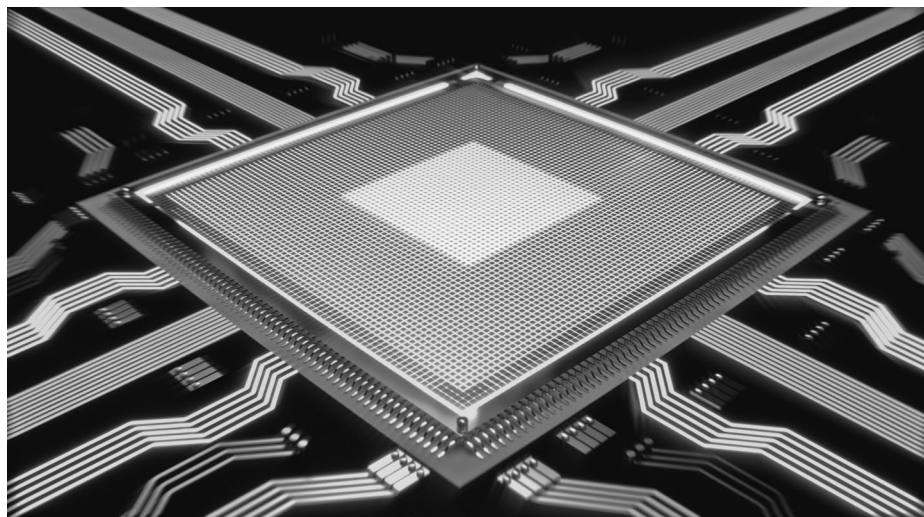
Jerzy Rużytto

W związku ze stopniowym, obserwowanym w wielu instytucjach akademickich, odchodzeniem od schematu nauczania w dziedzinie szeroko rozumianej inżynierii elementów i układów półprzewodnikowych, zapewniającego równowagę między elementami projektowania i modelowania z jednej strony i produkcji tychże z drugiej, kryzys kadrowy w dziedzinie technologii półprzewodnikowej przewidywany był już dwadzieścia lat temu [1]. Celem niniejszego opracowania jest nawiązanie do tego tematu w kontekście obecnych problemów kadrowych dotyczących szeroko rozumianej technologii półprzewodnikowej, której postępy w znacznym stopniu warunkują dalszy rozwój naszej cywilizacji technicznej.

Materiały i elementy półprzewodnikowe

Jako klasa materiałów, półprzewodniki od dziesięcioleci odgrywają kluczową rolę w technice i technologii. Półprzewodniki - nie należy mylić z potocznym używaniem tego terminu w odniesieniu do zaawansowanych układów scalonych - to materiały, których przewodność elektryczną można zmieniać w szerokim zakresie zmieniając ich skład chemiczny przez, tak zwane domieszkowanie i która to przewodność ulega również zmianom pod wpływem światła i temperatury. Właściwości te odróżniają materiały półprzewodnikowe od przewodników elektryczności takich jak metale, których niezależnej od oddziaływań zewnętrznych bardzo wysokiej przewodności elektrycznej nie można kontrolować, jak i nie przewodzących elektryczności izolatorów, takich jak ceramika czy szkło, których przewodności elektrycznej nie można zwiększyć, a więc również kontrolować.

Spośród pierwiastków, użyteczne właściwości półprzewodnikowe wykazują jedynie: krzem (Si), german (Ge) oraz węgiel (C) w postaci diamentu. Do tego dochodzi obszerna grupa nie występujących w naturze związków



„Spośród pierwiastków, użyteczne właściwości półprzewodnikowe wykazują jedynie: krzem (Si), german (Ge) oraz węgiel (C) w postaci diamentu.”

półprzewodnikowych takich jak na przykład azotek galu (GaN), czy węgiel krzemu (SiC). Reprezentują one szeroką gamę właściwości fizycznych dostosowanych do potrzeb elementów półprzewodnikowych, do produkcji których są wykorzystywane. Do tego dochodzą jeszcze półprzewodniki organiczne, których właściwości umożliwiają szereg unikalnych zastosowań.

Elementy półprzewodnikowe, to z kolei nie tylko cyfrowe i analogowe układy scalone, ale również elementy dyskretne takie jak diody i tranzystory, diody świecące (LED) powszechnie stosowane w wyświetlaczach jak

i w urządzeniach oświetleniowych opartych na ich właściwościach, baterie słoneczne (fotowoltaika), sensory i różnego typu detektory, czy też wreszcie elementy wykonane w nanoskali w zastosowaniach biomedycznych [2-4]. W uproszczeniu można stwierdzić, że praktycznie każde urządzenie zasilane energią elektryczną, czy to z baterii czy z sieci, działa w oparciu o elementy półprzewodnikowe wbudowane w jego strukturę.

Technologia półprzewodnikowa
Pojęcie „technologia”, a może ściślej „proces technologiczny”, rozumiana

jest tu jako proces, w toku którego surowy materiał taki jak krzem lub azotek galu przetwarzany jest w użyteczny produkt, na przykład układ scalony czy dioda świecąca. Innymi słowy chodzi tu o zastosowanie wiedzy naukowej i inżynierskiej w procesach, których wynikiem są produkty zapewniające nam jakość życia odpowiadającą naszym potrzebom.

Na obecnym etapie rozwoju techniki półprzewodnikowej, z racji olbrzymiego stopnia skomplikowania wytwarzanych elementów i urządzeń, pojęcie to oznacza cały cykl działań. W znacznym uproszczeniu można go podzielić na etap projektowania, modelowania i symulacji, kiedy produkt powstaje w sferze wirtualnej, oraz etap, w którym produkt nabiera kształtu fizycznego, a więc jest wytwarzany. W tym kontekście wyróżnić można w przemyśle półprzewodnikowym firmy określane mianem *integrated device manufacturers* (IMD), a więc takie, które zajmują się całością przedsięwzięcia, firmy typu *fabless* będące firmami specjalizującymi się wyłącznie w projektowaniu i modelowaniu nowych elementów i układów półprzewodnikowych bez zaangażowania w ich produkcję i wreszcie firmy określane mianem *pure play* zajmujące się wyłącznie produkcją elementów głównie dla firm typu *fabless* i według ich projektów.

Do końca ubiegłego stulecia w tak zdefiniowanym, uproszczonym układzie, obejmującym koncepcję produktu i jego projekt, a następnie produkcję, można było zaobserwować w przemyśle półprzewodnikowym równowagę między tymi dwoma elementami w aspekcie ich realizacji. Innymi słowy, jeśli miało się technicznie uzasadnioną koncepcję produktu, projekt oraz materiały do jego wytworzenia, to można było liczyć na to, że gdzieś na świecie znajdzie się ośrodek przemysłowy, który będzie mógł ten projekt produkcyjnie zrealizować. Przy tym głównym kryterium wyboru był tu zazwyczaj koszt produkcji, bowiem z dostępnością odpowiednio przygotowanych kadr i wpływem na arenie międzynarodowej czynników o charakterze politycznym nie było jeszcze problemu.

Koncepcja przedsiębiorstw *fabless* stała się modelem szeroko stosowanym w przemyśle półprzewodnikowym. Koszty produkcji związane z kosztem urządzeń niezbędnych do produkcji, utrzymaniem warunków produkcji zgodnie z najwyższymi standardami czystości, jak i uposażeniami wyspecjalizowanej kadry były istotnymi

„W chwili obecnej, wprowadzie prawie połowa układów scalonych, potocznie zwanych chipami, produkowanych na świecie, projektowana jest w Stanach Zjednoczonych, ale tylko niewielka ich część jest w Stanach produkowana.”

powodami promowania koncepcji przedsiębiorstw inicjujących i projektujących nowe rozwiązania, bez angażowania się w ich produkcję, a więc przedsiębiorstw typu *fabless*. Ponadto konieczność dostępności i zagospodarowania dużych ilości wody i wyspecjalizowanych chemikaliów zarówno ciekłych jak i gazowych niezbędnych do produkcji elementów półprzewodnikowych, które zmuszają do kosztownych rozwiązań, między innymi związanych z ochroną środowiska powodowały, że wiele firm decydowało się na tak zwany *outsourcing* czyli przenoszenie produkcji do krajów, w których koszty ogólne były niższe. Uwolnienie się od tych uwarunkowań pozwalało na lokalizację firmy typu *fabless* w dowolnym miejscu,

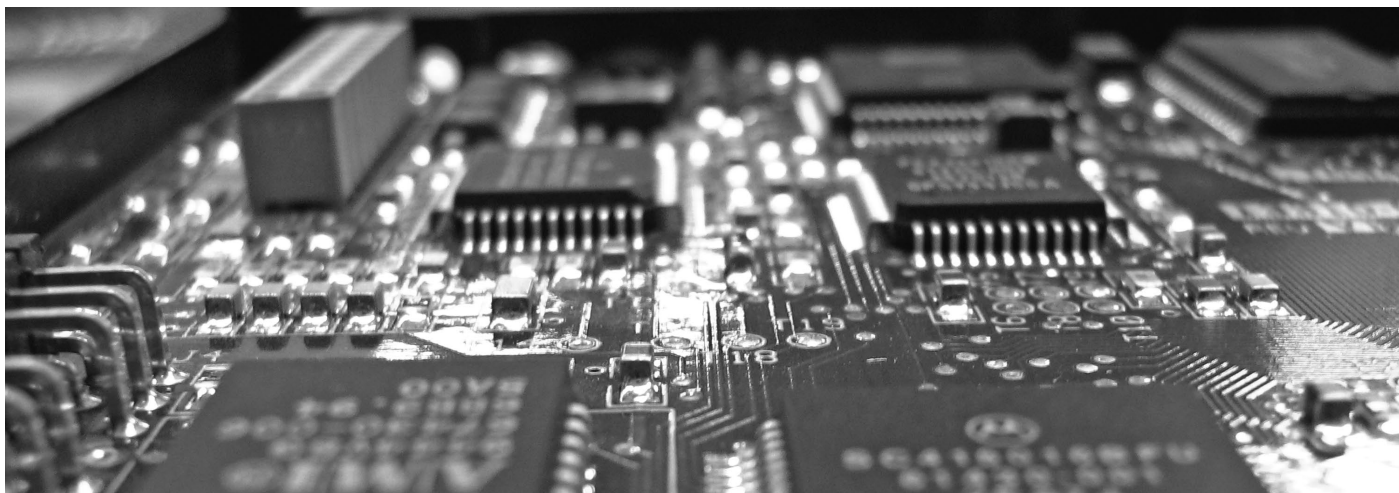
na przykład w centrum dużych miast, bez względu na konieczność dostępności terenu potrzebnego do budowy fabryki, dostępności wody jak i zagospodarowywania odpadów chemicznych.

Powyższy stan rzeczy miał również wpływ na kształcenie kadr, w którym dość powszechnie ograniczono rolę kosztownych akademickich laboratoriów technologicznych na rzecz laboratoriów systemowo-projektowo-informacyjnych. Jednocześnie obserwowane było zmniejszające się zainteresowanie studentów, nie chcących angażować się w dziedzinę, w tym przypadku związane z technologią produkcji elementów półprzewodnikowych, w których w wielu rozwiniętych krajach możliwości zatrudnienia jak i zawodowego rozwoju z czasem się zmniejszały. Skutkiem przedstawionego wyżej stanu rzeczy było również systematyczne zmniejszanie się liczby specjalistów przygotowanych do podjęcia zadań inżyniersko-produkcyjnych w technologii układów scalonych i innych elementów półprzewodnikowych.

Niedostatki kadrowe w przemyśle półprzewodnikowym

Ponad dwadzieścia lat temu w artykule pt. „Laboratoria nie tylko wirtualne” [1] przedstawiłem swoje uwagi na temat czekającego nas, moim zdaniem, w drugiej dekadzie obecnego stulecia kryzysu przemysłu półprzewodnikowego związanego z niedostatkiem wykwalifikowanej siły roboczej niezbędnej do realizacji zadań produkcyjnych w tymże przemyśle. Obserwując trendy, uważałem bowiem, iż może się okazać, że w pewnym momencie przemysł stanie oko w oko z niedostatkiem inżynierów i techników potrafiących sprostać wymogom produkcji najbardziej zaawansowanych technicznie wyrobów takimi jakimi są półprzewodnikowe scalone układy cyfrowe i pamięciowe, jak też i innych elementów półprzewodnikowych.

Zgodnie z przewidywaniami zawartymi w wyżej wymienionym opracowaniu, w drugiej dekadzie obecnego wieku można było zaobserwować pewien niepokój na rynkach pracy, na przykład w Stanach Zjednoczonych, związanych z przemysłem półprzewodnikowym spowodowany wspomnianymi uwarunkowaniami. Prawdziwy kryzys pojawił się kilka lat później, a dokładnie w 2020 roku w związku z pandemią, która wymusiła konieczność pracy i nauczania w trybie zdalnym na wszystkich poziomach. Spowodowało to gwałtowny, nieprzewidywany



w żadnych planach wzrost zapotrzebowania na oparte na półprzewodnikach urządzenia do transmisji i obróbki informacji takich jak laptopy, telefony komórkowe i tym podobne. Światowy przemysł półprzewodnikowy stanął przed koniecznością, również nieprzewidzianego w żadnych planach, zwiększenia produkcji zaspokajającej te potrzeby. To spowodowało ograniczenie dostaw do innych gałęzi światowej gospodarki silnie uzależnionych od techniki półprzewodnikowej, w tym głównie do przemysłu motoryzacyjnego. Nie chodziło tu przy tym o ograniczenia w projektowaniu nowych półprzewodnikowych elementów dyskretnych i układów scalonych, tylko po prostu o niemożność zwiększenia produkcji już opracowanych elementów w ramach istniejącej bazy produkcyjnej. Na marginesie należy tu przypomnieć, że budowa nowej fabryki zaawansowanych półprzewodnikowych układów scalonych i uruchomienie w niej produkcji trwa kilka lat przy koszcie inwestycji sięgającym kilkudziesięciu miliardów dolarów. Tak więc szybka odpowiedź przemysłu na pojawiające się ograniczenia nie była możliwa.

Brak kadr przeszkodą w opanowaniu kryzysu

Omawiany kryzys ujawnił braki kadrowe w krajach rozwiniętych starających się o zapewnienie samowystarczalności w krytycznie ważnej dla rozwoju naszej cywilizacji technologii jaką jest technologia półprzewodnikowa. W zależności od uwarunkowań, każdy kraj w odmienny sposób planuje opanowanie opisanego kryzysu. W każdym jednak przypadku podstawowy cel jest taki sam i sprowadza się do zapewnienia niezależności w projektowaniu i produkcji elementów półprzewodnikowych bez których rozwój nie tylko gospodarczy, ale wręcz cywilizacyjny,

jak i zabezpieczenie potrzeb związanych z obronnością czy działalnością naukową i dydaktyczną danego kraju nie jest możliwy.

W dalszej części tego opracowania w skrócie podsumowane są kroki podejmowane w Stanach Zjednoczonych celem odbudowy wiodącej pozycji tego kraju w światowym przemyśle półprzewodnikowym.

W chwili obecnej, wprawdzie prawie połowa układów scalonych, potocznie zwanych *chipami*, produkowanych na świecie, projektowana jest w Stanach Zjednoczonych, ale tylko niewielka ich część jest w Stanach Zjednoczonych produkowana. Oznacza to, że przeważająca część *chipów* stosowanych w urządzeniach produkcji amerykańskiej wytwarzana jest poza granicami Stanów Zjednoczonych, w tym również w krajach bez zagwarantowanej długofalowej stabilności politycznej. Taki stan na dłuższą metę nie może być utrzymany, jako że dotyczy on towarów, bez których osiągnięcie całkowitej samowystarczalności ekonomicznej, technicznej jak i w aspekcie obronności kraju nie byłoby możliwe. Dodatkowym, ważnym w przypadku Stanów Zjednoczonych elementem motywującym do jak najszybszej odbudowy potencjału amerykańskiego przemysłu półprzewodnikowego jest konkurencja z Chińską Republiką Ludową o przywództwo techniczne na świecie, często potocznie określana jako „wojna chipowa” [5].

W odpowiedzi na te wyzwania, prezydent Stanów Zjednoczonych podpisał rozporządzenie znane jako CHIPS Act 2022, które przeznaczają z funduszy federalnych 280 miliardów dolarów na odbudowę potencjału amerykańskiego przemysłu półprzewodnikowego i finansowanie wspierającej tę odbudowę działalności naukowej [6]. Znaczna część tych funduszy przeznaczona jest

bezpośrednio na zwiększanie potencjału produkcyjnego amerykańskiego przemysłu półprzewodnikowego. I tak, w dodatku do już istniejących zakładów produkujących układy scalone i inne elementy półprzewodnikowe, oraz przy współdziałaniu dużych firm półprzewodnikowych i władz stanowych, CHIPS Act 2022 wspiera finansowo budowę dużych centrów produkcyjno-rozwojowych w wielu stanach w tym największych w stanach Nowy Jork, Ohio, Arizona, Teksas i Nowy Meksyk.

Reszta funduszy w ramach CHIPS Act 2022 ma być przede wszystkim przeznaczona na finansowe wspieranie rozwoju nauki i techniki półprzewodnikowej w Stanach Zjednoczonych [6]. Oznacza to znaczne zwiększenie nakładów finansowych na badania w uniwersytetach badawczych co w warunkach amerykańskich przekłada się na finansowanie projektów doktorskich i magisterskich w tychże uniwersytetach [7].

Mimo wszystkich działań wynikających z zapisów aktu CHIPS 2022 opisanych wyżej, jak i prób zaspokojenia wymogów wynikających z konkurowania na arenie międzynarodowej celem utrzymania pozycji lidera technicznego i ekonomicznego na świecie, realizacja planu odnowy amerykańskiego przemysłu półprzewodnikowego ma do pokonania barierę, jaką jest brak wystarczającej siły roboczej niezbędnej do realizacji tych celów. Przy czym nie mówimy tu jedynie o odpowiednio przygotowanej kadrze inżynierskiej, ale również o kadrze technicznej niższego stopnia niezbędnej do codziennego zabezpieczania produkcji w fabrykach układów i elementów półprzewodnikowych.

Na dzień dzisiejszy szacuje się, iż w Stanach Zjednoczonych do tego, aby w najbliższych latach zaspokoić

potrzeby przemysłu półprzewodnikowego brakuje około 50 tysięcy odpowiednio przygotowanych pracowników. Informacje na temat podobnych, albo jeszcze większych braków odpowiednio przygotowanej siły roboczej docierają z Chin. W Stanach Zjednoczonych odpowiedzią jest nie tylko zwiększenie nakładów na prace badawcze wspomagające kształcenie akademickie III stopnia w mikro- i nanotechnologii półprzewodnikowej, ale również nacisk na dydaktykę II stopnia i poniżej w tych dziedzinach. Sprowadza się to między innymi do zwiększania potencjału dydaktycznego i bazy laboratoryjnej w technologii półprzewodnikowej (*cleanrooms*) również w nauczaniu akademickim na poziomie podstawowym. Coraz częstsze są również programy skonstruowane tak, aby możliwe było uzyskanie stopnia magistra w ciągu jednego roku. Ostatnio na przykład *Purdue University* utworzyło specjalny jednoroczny program magisterski w dziedzinie technologii mikroelektronicznej. Niezależnie od tego, między innymi w Arizonie, swój potencjał produkcyjny rozwija kilku potentatów światowego przemysłu półprzewodnikowego. W dwuletnich szkołach półwyższych (*community colleges*) finansowanych przez stan wprowadza się specjalizację technologii półprzewodnikowej, a w Stanowym Uniwersytecie Arizony stworzono przy współdziałaniu wielu firm przemysłowych *School of Manufacturing Systems and Networks*, której głównym celem jest kształcenie w zakresie technologii półprzewodnikowej. Przykładem jeszcze innej inicjatywy to powołanie przez gubernatora stanu Michigan specjalnego zespołu pod nazwą *Semiconductor Talent Action*, którego zadaniem jest promowanie rozwoju przemysłu półprzewodnikowego jak i akademickiej działalności w sferze technologii półprzewodnikowej w stanie Michigan. Można oczekiwać, iż w miarę upływu czasu również i inne wysoko uprzemysłowione stany będą podejmować podobne inicjatywy.

Mimo wszystkich podjętych starań musi minąć kilka lat, zanim sytuacja z brakiem kwalifikowanej siły roboczej w przemyśle półprzewodnikowym się ustabilizuje. W międzyczasie sam przemysł będzie z pewnością przechodził przez okresy rynkowych wznosów i upadków. Tym razem jednak, niezależnie od okresowych wahań popytu i podaży wpływających również na politykę zatrudnienia, ze względów strategicznych wagi państwowej, przeprowadzone zmiany mają mieć charakter permanentny co oznacza też że strategia wspomnianego wyżej

outsourcingu w przemyśle półprzewodnikowym w Stanach Zjednoczonych będzie w znacznym stopniu zaniechana na korzyść rozwoju amerykańskiego potencjału produkcyjnego.

Podsumowanie

Jak powinno wynikać z powyższej dyskusji, trudności w zabezpieczeniu potrzeb niezbędnego rozwoju przemysłu półprzewodnikowego w skali światowej nie tyle są obecnie spowodowane brakiem środków czy możliwości technicznych, ile w istotnym stopniu są wynikiem występującego braku odpowiednio przygotowanej kadry gotowej do podjęcia pracy w częściach produkcyjnych dużych ośrodków przemysłu półprzewodnikowego. Inaczej mówiąc nie chodzi tu, przynajmniej w najbliższych latach, o brak miejsc pracy w świecie tylko o niedobór odpowiednio wykwalifikowanych kadr mogących te stanowiska obsadzić. Bez względu na to, jak sytuacja w tym zakresie będzie się rozwijała, niezbędnym jest przywrócenie wagi nauczania w zakresie technologii półprzewodnikowej z naciskiem na szeroko rozumianą nanotechnologię na różnych poziomach kształcenia akademickiego.

Jednocześnie dyskusja w niniejszym opracowaniu pokazuje, iż zaspokojenie potrzeb odnośnie specjalistów w elektronice, fotonice, inżynierii materiałowej, jak i w samej technologii półprzewodnikowej jest kluczem do niezakłóconego rozwoju przemysłu półprzewodnikowego nie tylko w Stanach Zjednoczonych, ale również w tych wszystkich krajach świata, które aspirują do długofalowej niezależności technicznej i gospodarczej.

W kontekście rozważań w tym opracowaniu trudno jest powstrzymać się od refleksji na temat sytuacji przemysłu półprzewodnikowego w Polsce, którego technologia półprzewodnikowa była w przeszłości przez wiele lat silnym

elementem cieszącym się znacznym zainteresowaniem studentów. Jako absolwent, a następnie pracownik naukowo-dydaktyczny Politechniki Warszawskiej zaangażowany w prace badawcze w tej dziedzinie, autor tego opracowania ma osobiste doświadczenia w tym zakresie. Można mieć tylko nadzieję, że w najbliższych latach podjęte zostaną inicjatywy mające na celu odbudowę tego potencjału w Polsce na przykład poprzez finansowe wspieranie inicjatyw rozwojowo-produkcyjnych, typu *start up* w przemyśle półprzewodnikowym, które poprzez tworzenie miejsc pracy, spowodują zwiększone zainteresowanie studentów wszystkich stopni dziedziną technologii półprzewodnikowej. Przy czym nie tyle chodzi tu o produkcję zaawansowanych układów scalonych logicznych czy pamięciowych, w której trudnym byłoby konkurowanie z uznanymi potentatami światowymi, ile o sięgnięcie do bardzo mocnych polskich tradycji w dziedzinie inżynierii materiałowej i rozwijanie przemysłu półprzewodnikowego opartego na przykład na związkach półprzewodnikowych takich jak wspomniane na wstępie węglik krzemu czy azotek galu.

LITERATURA

- [1] J. Rużyłto, *Laboratoria nie tylko wirtualne*, Forum Akademickie, 10/1999.
- [2] J. Rużyłto, *Guide to Semiconductor Engineering*, World Scientific Pub. Co., 2020.
- [3] J. Rużyłto, *Semiconductor Glossary*, World Scientific Pub. Co., 2016.
- [4] J. Rużyłto, *Semiconductors in 21st Century - The First Decade*, Konserwatorium Politechniki Warszawskiej. Wkładka nr 20 do Miesięcznika Politechniki Warszawskiej nr 4/2011.
- [5] C. Miller, *Chip War: The Fight for the World's Most Critical Technology*, Scribner, 2022.
- [6] CHIP Act facts, <https://usafacts.org/articles/whats-in-the-recently-passed-chips-act/>.
- [7] J. Rużyłto, *Wybrane aspekty funkcjonowania uniwersytetu badawczego w Stanach Zjednoczonych*, *Kwartalnik PAN Nauka*, 2/2022, str. 93-103.

31

Profesor Jerzy Rużyłto, dr hab. – elektronik, absolwent i były pracownik naukowo-dydaktyczny Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej. Od 1984 pracuje w Pennsylvania State University w Stanach Zjednoczonych, obecnie jako *Distinguished Professor Emeritus* w *School of Electrical Engineering and Computer Science*. Od początku kariery aktywnie zaangażowany w działalność naukową i dydaktyczną w dziedzinie mikro i nanotechnologii materiałów i przyrządów półprzewodnikowych. Autor książek oraz autor i współautor blisko 300 publikacji i wystąpień konferencyjnych w tej dziedzinie, konsultant szeregu firm związanych z technologią półprzewodnikową, członek honorowy (*Life Fellow*) IEEE oraz (*Fellow*) Electrochemical Society, gdzie pełnił szereg kierowniczych funkcji.

WCIELENIE JAKO NAJWAŻNIEJSZA RZECZYWISTOŚĆ

Sens istnienia

Gdy staram się odpowiedzieć na pytanie o sens istnienia, czuję przede wszystkim niepewność, czy można ten problem ująć adekwatnie w słowach, a zwłaszcza, czy osoba niebędąca filozofem czy teologiem powinna się nawet podejmować tej próby. Skazana wydaje się ona od razu na niepowodzenie. Mimo iż mam własne, silne, wewnętrzne przeczucie, co jest sensem istnienia, uchwycenie tego zagadnienia i przelanie go na papier z użyciem narzędzia, jakim jest język, wydaje się grozić uproszczeniem, zakłamaniem, czy innymi skutkami niewystarczającej elokwencji autora. Dla problemów tak „geometrycznych” i „nieograniczonych” jak sens istnienia niekiedy bardziej adekwatnym narzędziem okazują się sztuki plastyczne, oferujące wielopoziomową i niezamkniętą strukturę narracji. Wyjątkowe efekty osiągnęli w tej dziedzinie niderlandzcy artyści XV w., rozwijając programową ikonografię skrzydłowej nastawy ołtarzowej, ujmującej i prezentującej w fascynujący sposób najważniejsze prawdy teologiczne – w zamierzeniu przekraczające swą narracją ograniczenia czasu i przestrzeni.

Odwołując się do św. Tomasza z Akwinu i jego pojęcia celowości bytów, zadać można pytanie o cel (gr. *telos*) istnienia „istoty rozumnej”, czy też jeszcze wcześniej, o cel istnienia rozumu jako takiego. Celem istnienia rozumu jest **poznawanie świata – poszukiwanie prawdy**. Nie uznaję za racjonalne założenia, że celem rozumu mogłoby być jedynie zapewnienie przetrwania ciała, jak w przypadku mózgow wielu zwierząt. Możemy uznać, że rozum jest unikalną cechą człowieka jako istoty. Nie ma wątpliwości, iż zwierzęta posiadają zarówno emocje, osobowość, jak i niejednokrotnie spryt, lecz umiejętność pojmowania umysłem abstrakcyjnych pojęć i koncepcji to umiejętność właściwa jedynie człowiekowi. Jest to cecha, czy może raczej „umiejętność” w jakimś sensie niematerialna, odróżniająca człowieka od innych zwierząt i organizmów. Czy może ona zatem być jedynie wynikiem udanej ewolucji tego konkretnego gatunku? Jaki jest cel tej umiejętności? Czy pytanie o cel jest pytaniem naukowym?

Przez te pytania znów znajduję drogę powrotną do św. Tomasza i próby zdefiniowania człowieka – istoty rozumnej i jej celu. Istota rozumna to istota myśląca, jej celem (gr. *telos*) jest myślenie, którego celem jest poznawanie prawdy. W tej koncepcji ciało materialne istoty myślącej wydaje się zatem drugorzędym wehikułem dla „noszenia” tego myślenia (myśli) w przestrzeni i w czasie. Z takiego wniosku można wyprowadzić kolejny, że w związku z tym nie ma powodu, by śmierć ciała była końcem noszonej przezeń myśli – nie jest końcem „rozumu”, dla którego było jedynym przedmiotem „wcielenia”. Nieco żartobliwa koncepcja śmierci jako „całkowitej amputacji ciała” prezentuje ten dylemat całkiem umiejętnie w kontekście zagadnień niematerialnej duszy (inaczej *rozumu* czy *jaźni*)¹, nieśmiertelności tej duszy, czy obecnego w najróżniejszych kulturach ludzkich pragnienia, a może nawet przeczucia, zmartwychwstania nie tylko duszy, ale i ciała. Istota rozumna (człowiek) pragnie odzyskać z powrotem swój wehikuł, swoje wcielenie. Czy to oznacza, że nie umiera w pełni?

Rozum w rzeczywistości poza czasem

Skoro myśl człowieka potrafi przekraczać ograniczenia czasu i przestrzeni (potrafi sięgać w przeszłość i przyszłość, rozważać pojęcia abstrakcyjne), skoro celem rozumu jest poznawanie prawdy i w toku tego poznawania prawdy dotyka on tego, co jest niematerialne, czym jest ta rzeczywistość, do której dostęp ma rozum?

Co istnieje w rzeczywistości poza czasem? Można powiedzieć, że skoro jaźń się tam wybiera, istnieje tam właśnie to – jaźń. Sięgając do Arystotelesa można by w tym miejscu uciec w koncepcję „Nieporuszonego Poruszyciela”, czy przywołać innych słynnych racjonalistów, jak Leibniz, którzy wierząc w potęgę ludzkiego rozumu uznawali, że

¹ Pojęcie takie jak *rozum* w języku religijnym związane jest z *duszą*, w języku psychologicznym czy kognitywistycznym z *jaźnią*. Może być także nazywane inteligencją, choć to pojęcie jest już używane także w stosunku do innych istot niż człowiek (zwierząt), a jego odróżnienie od pojęcia *sprytu* nie jest już dziś tak jednoznaczne. Używając tych pojęć wymiennie, zdaję sobie sprawę z nieidealności narzędzia, jakim jest język, ale jeszcze bardziej z nieidealności użytkownika tego narzędzia.

musi on być w stanie wykroczyć poza granice materialnego, czy eksperymentalnego poznania świata, a zatem musi też istnieć omawiana rzeczywistość poza czasem i przestrzenią, w której króluje wieczna jaźń – absolut.

Dla nas na ziemi, najistotniejszą rzeczywistością jest jednak **wcielenie**. Bez wcielenia istoty rozumnej nie ma rzeczywistości czasu i przestrzeni. Bez inteligencji rozpoznającej rzeczywistość nie ma jej pełnego stworzenia, nie ma też czasu i zdarzeń. Przeszłość i przyszłość dostępne są jedynie umysłem, a zatem można się pokusić o stwierdzenie, iż to umysł je stwarza – jest warunkiem koniecznym do istnienia czasu. Ciało ograniczone jest przestrzenią, porusza się w niej, ale pozwala ją także odbierać. Zgodnie z aktualnymi badaniami neurologicznymi i kognitywistycznymi ciało nie jest tylko „bezzumnym” narzędziem dla sterującego wszystkim komputera w czasie, lecz stanowi niejako przedłużenie tego organu konieczne dla postrzegania rzeczywistości (jej porządkowania). Odbiór świata (myślenie) potrzebuje ciała – nie tylko jako mózgu, lecz jako całej kognitywistycznej struktury fizycznej i przestrzennej, umożliwiającej zachodzenie myślenia w rzeczywistości.

Przedstawienie wcielenia i czasu w sztuce średniowiecza

Prawdę dotyczącą wcielenia jako najważniejszej cechy rzeczywistości uchwyciła religia chrześcijańska, stawiając je w centrum ołtarza. Wyraz temu daje także sztuka chrześcijańska. Nastawy ołtarzowe to szczególnie popularna w średniowieczu dekoracja ołtarza ustawiana na mensie ołtarzowej, w jej tylnej części. Celem nastawy było stworzenie adekwatnego tła dla sprawowanej mszy św., a w szczególności dla gestu uniesienia hostii w najważniejszym punkcie liturgii – w momencie transsubstancjacji. Cel ten staje się wyjątkowo wyraźny w kompozycjach niderlandzkich, gdzie kształt nastawy przybiera formę odwróconej litery „T”, z częścią środkową wyniesioną tak, by stanowiła ona wyraźne podkreślenie dla gestu kapłana.

Treść nastaw w sztuce niderlandzkiej tłumaczyć miała istotę mszy jako ofiary oraz prawdziwą naturę Bożego Ciała, tj. sakramentu Eucharystii jako

wcielenia Chrystusa w trzymany przez kapłana chleb. Dogmat transsubstancjacji niezwykle zajmował duchowość późnego średniowiecza, zaś temat wcielenia (zarówno historycznego jak i eucharystycznego) daje swój wyraz w nieskończonych przedstawieniach Madonny z Dzieciątkiem, czy Męza Boleści. Sposób, w jaki cel osiągnięty został konkretnie w tryptykach niderlandzkich jest fascynujący plastycznie, a bogactwo treści i możliwość jej odcyfrowywania na kolejnych poziomach czyni zeń przedmioty medytacji nie tylko artystycznej, ale i filozoficznej czy duchowej.

W niniejszym esejku postanowiłam przywołać dwie szczególne nastawy tego typu, pozwalające dobrze ukazać standard ujęć ikonograficznych i stosowanych środków wyrazu. Pierwszą z nich jest słynny *Ołtarz Siedmiu Sakramentów* z 1445-50 r. autorstwa Rogiera van der Weyden, jednego z trzech wielkich Mistrzów Niderlandzkich (pozostali to Robert Campin i Jan van Eyck). Sztuka Rogiera stała się źródłem nieskończonych wzorców graficznych, powielanych następnie w rzeźbie i malarstwie północnej Europy, co pozwoliło wypracować uniwersalny kanon ikonografii chrześcijańskiej na kolejne 100 lat, zwłaszcza w kategorii nastaw ołtarzowych.

Rogier szczególnie zajęty był tematem ukrzyżowania, które jest także centralnym przedstawieniem *Ołtarza Siedmiu Sakramentów* (il. 1). Odbывается tutaj w typowym trójdzielnym polu nastawy z wyższą kwaterą środkową. W obrazie forma nastawy imituje jednocześnie nawy wnętrza kościoła, z najwyższą nawą środkową i niższymi nawami bocznymi. Ukrzyżowanie odbywa się w piętnastowiecznym, współczesnym Rogierowi wnętrzu świątyni, w którym sam tryptyk byłby ustawiony. W różnych miejscach kościoła widzimy wiernych i sceny przyjmowania siedmiu sakramentów. W środkowej kwaterze, za realistycznym Ukrzyżowanym, odprawiana jest Eucharystia, której centralnym momentem jest uniesienie Hostii - transsubstancja - odbywająca się na tle typowej nastawy ołtarzowej z podkreślającą ten moment, wyniesioną środkową kwaterą (il. 2).

Obraz można by rozbiierać na części pierwsze pod kątem kompozycyjnym i treściowym jeszcze długo, ja jednak chciałabym skupić się na najbardziej przejrzystym jego przesłaniu - o naturze mszy świętej i rzeczywistości (teraźniejszości) ukrzyżowania. Obraz stara się uchwycić rzeczywistość Sakramentu

przekraczając ograniczenia czasu i przestrzeni.

Jeszcze dobitniej, a może po prostu bardziej szczegółowo, wymowę tę prezentują struktury licznych tzw. ołtarzy antwerpskich - masowo produkowanych na wolny rynek, uniwersalnych, rzeźbionych i malowanych nastaw skrzydłowych z Antwerpii, skupiających się w większości na tematach pasyjnych. Przykładem takiej nastawy jest *Ołtarz antwerpski* z ok. 1520 r. z byłego klasztoru Norbertanek w Żukowie koło Gdańska (a także m. in. *Ołtarz z Pruszcza* dostępny w Galerii Średniowiecza MNW).

Ołtarz z Żukowa prezentuje w głównym rzeźbionym korpusie życie Chrystusa. Podkreślić przy tym należy, że forma rzeźbionego ołtarza imituje podobnie jak u Rogiera architekturę kościoła, a sceny odbywają się w kwaterach zamkniętych późnośredniowiecznymi, gotyckimi sklepieniami. Kształt tryptyku to niejako „przekrój” przez bazylikę. W górnych kwaterach ukazano Drogę Krzyżową (Ukrzyżowanie w centrum w wyniesionej kwaterze, po bokach Niesienie Krzyża i Zdjęcie z Krzyża, zaś na skrzydłach malowanych przedłużenie narracji z pomocą scen przed oraz po Drodze Krzyżowej,



↑ Il. 1. Rogier van der Weyden, Ołtarz Siedmiu Sakramentów (Tournai-Bruksela, ok. 1445-50)



↑ Il. 2. Widok otwartego ołtarza antwerpskiego z Żukowa (Antwerpia, ok. 1520)

łącznie ze Zmartwychwstaniem na bocznej, malowanej kwaterze). W dolnych małych kwaterach korpusu przedstawiono sceny dzieciństwa Chrystusa, a w centralnej dolnej kwaterze Drzewo Jessego (pod Ukrzyżowaniem), którego gałęzie po ramie górnej kwatery wędrują aż do samego szczytu ołtarza, na którym króluje mała figurka Marii z wcielonym Chrystusem (Dzieciątkiem). Na skrzydłach zamkniętych przedstawione zostały typologiczne sceny ze Starego Testamentu – historia Mojżesza (Stare Przymierze) i cud Manna z Nieba jako scena centralna. Manna jest tu przedstawiona jako mała krążki hostii.

Struktura przestrzenna i kompozycja ołtarza pozwala na jednoczesne rozwinięcie kilku narracji i ukazanie jedności czasu i przestrzeni – przekroczenia ich ograniczeń przez wydarzenia Ofiary i Odkupienia. Dekoracja ołtarza – najważniejszego miejsca świątyni chrześcijańskiej – dąży zatem do objaśnienia sensu i funkcjonowania rzeczywistości materialnej i niematerialnej oraz połączenia między nimi.

Rozkładając dzieło na części pierwsze schemat narracji przedstawić można następująco:

- narracja historyczna 1, biograficzna – od Dzieciństwa Chrystusa do Śmierci na Krzyżu
- narracja historyczna 2, genealogiczna – Drzewo Jessego, od figury Jessego przez „różdkę i bramę” (Marię, por. Księga Izajasza) do Jezusa i Drzewa Krzyża
- narracja 3, typologiczna między Starym a Nowym Testamentem – śmierć Chrystusa jako odpowiednik historii Mojżesza (manna

z nieba), Stare Przymierze i Nowe Przymierze,

- narracja 4, eucharystyczna – unaocznienie odbywającej się transsubstancjacji, jedność umęczonego Bożego Ciała z Chlebem sakramentu Eucharystii
 - narracja 5, liturgia niebiańska – zrównanie miejsca i czasu wydarzeń w świątyni, w historii i w niebiosach
- Schemat trzech czasów z kolei można podsumować tak:
- terażniejszy (obecny) – nastawa jako ilustracja odprawianej mszy świętej
 - historyczny – historia Jezusa (narracje 1, 2, 3)
 - niebiański – ponad czasem (narracja 4 i 5)

Wszystkie one (narracje i czasy) przenikają się tak ściśle, że trudno je od siebie w ołtarzu zdecydowanie odgraniczać. Ostatnia narracja dotycząca liturgii niebiańskiej i wykroczenia poza granice czasu historycznego i obecnego jest bodaj najbardziej fascynująca i pozwala odcyfrować najgłębsze znaczenia ołtarza. Każda liturgia odbywa się jednocześnie w rzeczywistości materialnej, ale także ponad przestrzenią i ponad czasem – w rzeczywistości Boga.

Ołtarz staje się zatem wykładem na temat natury rzeczywistości: na temat **czasu historycznego** – biografii Chrystusa, na temat **teraźniejszości** – natury odprawianej przed ołtarzem Eucharystii i tożsamości Hostii z ukrzyżowanym Ciałem Chrystusa, a także na temat **czasu „niebiańskiego”** – rzeczywistości poza czasem, tzw. mszy niebiańskiej, gdzie historyczne i ponadhistoryczne Ukrzyżowanie i Ofiara Chrystusa odbywają się za każdym

razem na nowo w czasie każdej ziemskiej mszy świętej.

Dzieła sztuki średniowiecznej takie jak nastawy ołtarzowe, przeznaczone na najświętsze miejsce średniowiecznej kultury, przechowują w sobie bogactwo informacji na temat idei, które były najbardziej cenione, czy uważane za najświętsze i najważniejsze prawdy w tym okresie – za cel istnienia. Pozwalają one na wgląd poprzez medium graficzne w filozoficzne i teologiczne pojęcie czasu w średniowieczu, które było zgoła inne od Newtonowskiego, a bliższe Arystotelesowi czy Leibnitzowi, a nawet poszukiwaniom współczesnej fizyki na temat natury czasu. Ponadto ołtarz późnośredniowieczny ujmuje także hierarchię wartości – celów istnienia – na szczycie, ponad tym co najlepsze i najdoskonalsze, najbardziej jednostkowe, na szczycie ołtarza, „piramidy”, czy „góry”, umieszczając Ofiarę. Ofiara ta (dobrowolna i świadoma rezygnacja z jednostki dla wspólnoty) pozwala dopiero na powrót na dół piramidy i ponowny ruch w górę, na rozwój tożsamości i świadomości jednostek, który nie dąży do tyranii, lecz zawsze zwraca się na powrót do wspólnoty. Takie ujęcie hierarchii bytów pozwala na trwanie istnienia – na jego ciągły ruch i odnawianie, co starali się przedstawić artyści średniowiecza, wykształcając wielopoziomowy program ikonograficzny tryptyku ołtarzowego.

{Olga Broniewska-Halder, mgr -
Wydział Architektury PW}

Esej inspirowany wykładami pt. Iluzja wiedzy i granice poznania

UKŁAD SŁONECZNY – NASZ KOSMICZNY DOM, CZY OBCY ŚWIAT?

Bliscy, dobrze znani sąsiedzi?

Termin „granice poznania” zawsze kojarzył mi się z odległymi krańcami wszechświata, dalekimi galaktykami, kwazarami, wielkim wybuchem i początkiem czasu. Z tej perspektywy nasz Układ Słoneczny wydaje się być bliskim i dobrze znanym miejscem z jedną gwiazdą i 8 planetami... chociaż, czy przypadkiem nie było ich 9? Było, jednak Pluton utracił

dumne miano pełnoprawnej planety po tym, jak odkryto, że w jego sąsiedztwie znajduje się przynajmniej kilka podobnych mu ciał niebieskich, gdzie co najmniej jedno z nich – Eris, ma zbliżoną średnicę oraz znacznie większą masę. Po zdegradowaniu tych problematycznych małych światów do planet karłowatych w naszym układzie „pozostało” 8 planet, z których najmniejszym jest, ponad dwukrotnie

większy od Plutona, Merkury, ale czy aby na pewno?

Planeta X

Pluton został odkryty przypadkiem, ponieważ astronomowie poszukiwali dziewiątej, ogromnej planety, która rzekomo zaburzała orbitę Neptuna. Odwiedziny sondy Voyager 2 wykazały jednak, że masa niebieskiego giganta została przeszacowana o około 0,5%.

Po ponownym przeliczeniu okazało się, że zaburzenia orbit znanych planet nie występują, więc ogłoszono, że tajemnicza „Planeta X” nie istnieje. Problem rozwiązany. Aczkolwiek coś tu się nie zgadza, Pluton i jego świta nie są sami. Razem z towarzyszami Plutona został odkryty drugi pas planetoid nazwany Pasem Kuipera, w który w pewnym momencie nagle się urywa. Podobne zjawisko nagłych, pustych przerw zaobserwowano w bliższym nam pasie planetoid spowodowanych grawitacją leżącego nieco dalej od Słońca gigantycznego Jowisza. Ale przecież za Pasem Kuipera nie ma żadnej dużej planety, prawda? Tak się składa, że hipotetyczna planeta za Pasem Kuipera dobrze wyjaśniłaby obecne w nim anomalie. Teoretycznie mogłaby być skalistą planetą i krążyć po orbicie 3–6 krotnie większej niż Neptun, mieć masę 30–70% masy Ziemi, o średnicy zbliżonej do Ziemskiej lub, w przypadku dalszych orbit, osiągać masę nawet większą niż Ziemia. Jednak, dzięki symulacjom komputerowym, najsilniejsze przesłanki wyjaśniające anomalie w Pasie Kuipera wskazują na obecność piątego olbrzyma nazwanego roboczo „Planet Nine” aż 6–10 krotnie cięższego od Ziemi. Biorąc pod uwagę, że Neptun jest 17 razy cięższy od Ziemi, ta planeta niewiele by mu ustępowała. Znajdowałaby się dwadzieścia razy dalej od Neptuna, a jej jeden obieg wokół Słońca po bardzo wydłużonej, eliptycznej orbicie trwałby 7,4–18,5 tysięcy ziemskich lat. Jak to możliwe, żeby taki olbrzym pozostawał niezauważony podczas gdy wykryliśmy Plutona oraz ponad 4 tysiące innych małych ciał niebieskich w jego otoczeniu? Ze względu na ogromną odległość oraz niewielkie ilości światła docierające w te rejony Układu Słonecznego oszacowano, że „Planet Nine”, o ile istnieje, może być nawet 600 razy ciemniejsza od Plutona. Być może jednak, podobnie jak poprzednio, szukamy jedynie planety-ducha.

Typowe galaktyczne przedmięcia, czy kosmiczna anomalia?

Nasz brak poznania i zrozumienia Układu Słonecznego może sięgać głębiej niż nam się wydaje. Z jakiegoś powodu istnieje powszechne przekonanie, że nasz układ jest typowym, niczym niewyróżniającym się miejscem gdzieś na obrzeżach Drogi Mlecznej. W rzeczywistości Słońce, jako żółty karzeł, jest jaśniejsze, cięższe oraz młodsze od około 95% wszystkich gwiazd we wszechświecie. Typowe gwiazdy

„...brak poznania i zrozumienia Układu Słonecznego może sięgać głębiej niż nam się wydaje.”

znanego wszechświata – czerwone karły, stanowiące ponad 80% wszystkich gwiazd w Drodze Mlecznej, mają masy w zakresie 0,08–0,6 masy Słońca, a ich jasność to zaledwie 0,0001–0,1 jasności Słońca. Ciekawsze od Słońca są jednak same planety. Szkolny obraz Układu Słonecznego wydaje się mieć logiczną budowę, jednak naukowcy już od dawna podejrzewali, że coś jest z nim nie tak, ponieważ niezwykle trudno wyjaśnić dlaczego Uran i Neptun powstały i znajdują się w ich obecnych lokalizacjach. Stosunkowo niedawno odkryto coś jeszcze dziwniejszego. Badania nad planetami spoza Układu Słonecznego (z wykorzystaniem teleskopu Keplera, w latach 2009–2018) pozwoliły odkryć ponad 4000 nowych planet. Co prawda obecna technologia nie pozwala jeszcze wykryć obecności skalistych planet wielkości Ziemi przy innej gwiazdzie, tak dużej i jasnej jak nasze Słońce, jednak zaobserwowano, że w większości zbadanych układów, w tym także tych podobnych do naszego, typowa jest obecność nowo odkrytych skalistych Super-Ziemi oraz gazowych Mini-Neptunów. Są to też prawdopodobnie najbardziej pospolite rodzaje planet we wszechświecie, a problem z naszym układem jest taki, że... ich w nim nie ma. I nikt nie wie dlaczego, podobnie jak tego, czy i w jaki sposób mogło to wpłynąć na powstanie życia na Ziemi.

Tajemnica życia i śmierci

Pomimo ogromnego rozwoju teleskopów oraz narzędzi badawczych, naukowcy nadal nie są zgodni nawet co do ilości tak oczywistych bytów, jak duże planety w naszym układzie. Nie potrafią sobie także poradzić

z odniesieniem go do innych układów planetarnych. Nikt nawet nie ukrywa jak niewiele wiemy o mniejszych jego mieszkańcach. A przecież prawdopodobnie, to właśnie dzięki nim istniemy i one mogą nas unicestwić szybciej niż my sami to zrobimy. Planetoidy i asteroidy to istne kapsuły czasu, potencjalnie niezmienione od czasu powstania Słońca. Wszystko wskazuje na to, że wiele z nich zawiera materiały budulcowe planet jak i samego „życia”. Mimo odkrycia i skatalogowania niemal 1,1 miliona ciał niebieskich naszego układu, ludzkości udało się dotychczas zebrać próbki z powierzchni zaledwie 3 planetoid. Ostatnia z nich, pobrana 20 października 2020 roku z planetoidy Benu, jest nadal w drodze – kapsuła z próbką ma wrócić na Ziemię w 2023 roku. Zebrane w niej 2 kg pyłu i skał być może pomogą nam lepiej zrozumieć początki planet i życia, ale także mogą dostarczyć wiedzy jak obronić się przed zagrożeniem związanym dla nas z tą planetoidą. Benu znajduje się na tyle blisko Ziemi, że istnieje niewielkie, ale realne ryzyko, że kiedyś w nią uderzy. Podobnych obiektów jest w pobliżu naszej planety przynajmniej 2100, być może warto odwiedzić część z nich, zanim któraś „odwiedzi” nas?

Wszystko wskazuje na to, że o naszym najbliższym, kosmicznym otoczeniu wiemy obecnie niewiele więcej niż o dalekich galaktykach.

ŹRÓDŁA:

Reportaż „Małe Cuda” – magazyn National Geographic, wrzesień 2021.

“What Is the Most Common Type of Planet In the Universe?” – Forbes (<https://www.forbes.com/sites/startswithabang/2021/01/20/what-is-the-most-common-type-of-planet-in-the-universe/?sh=74b68fa413cc>).

“Planet 9 may be closer and easier to find than thought—if it exists” – National Geographic (<https://www.nationalgeographic.com/science/article/planet-9-may-be-closer-and-easier-to-find-than-thought-if-it-exists>).

“If Planet Nine exists, why has no one seen it” – BBC (<https://www.bbc.com/future/article/20210216-the-massive-planet-scientists-cant-find>).

Wikipedia (https://pl.wikipedia.org/wiki/Planeta_X; https://pl.wikipedia.org/wiki/Pas_Kuipera; <https://pl.wikipedia.org/wiki/Neptun>).

{ Mariusz Tyrański, mgr inż. -
Wydział Inżynierii Chemicznej
i Procesowej PW }

Celem Uczelnianej Oferty Dydaktycznej Centrum Studiów Zaawansowanych PW (UOD CSZ PW) jest poszerzenie wiedzy w wybranych kierunkach, a także pomoc i inspiracja w planowanej działalności naukowej. Program oferty adresowany jest do całego środowiska akademickiego Politechniki Warszawskiej, oraz chętnych spoza Uczelni. Na propozycję UOD CSZ PW składają się m.in. cykle interdyscyplinarnych wykładów podstawowych i specjalnych.

Merytoryczną opiekę nad UOD CSZ PW sprawuje Rada Programowa Centrum, którą tworzą naukowcy z Politechniki Warszawskiej, Uniwersytetu Warszawskiego, a także Polskiej Akademii Nauk.

Uczelniana Oferta Dydaktyczna Centrum Studiów Zaawansowanych

2022/2023

wykłady podstawowe
(30 h)



- Z1: *Foundations and Interpretations of Quantum Mechanics* – prof. Marek Kuś (PAN)
- Z3: *Wprowadzenie do uczenia maszyn* – prof. Władysław Homenda (PW)
- Z4: *Zagadki istnienia innych światów we Wszechświecie* – prof. Kazimierz Stępień (UW)
- Z5: *Konstrukcja uogólnionych modeli liniowych* – prof. Anna Dembińska (PW)
- Z6: *Modele matematyczne procesów i przemian* – prof. Stanisław Janeczko (PW)
- L1: *Genetyka na co dzień* – prof. Ewa Bartnik (UW)
- L2: *Fraktale* – prof. Bogusława Karpińska (PW)
- L3: *Fotonika w nauce i technice* – prof. Mirosław Karpierz (PW)

wykłady specjalne
(15 lub 30 h)

- SZ1: *Propedeutyka BIM – Podstawy technologii modelowania informacji o budynku (BIM)* (15h) – dr inż. Andrzej Szymon Borkowski (PW)
- SZ2: *Samotność w XXI wieku – jak pomagać innym i sobie, czyli znajdź swoje małe krzesetko* (30h) – dr Leszek Mellibruda (Akademia Handlowa Nauk Stosowanych)
- SZ3: *Zarządzanie z bliska – co wynika ze zjawisk ostatnich lat* (16h) – dr hab. inż. Janusz Zawita-Niedźwiecki (PW) – koordynacja, wykładowcy z Wydziału Zarządzania PW
- SZ4: *Rozmowy i rozumowania – wykłady seminaryjne* (30h) – prof. Stanisław Janeczko (PW)
- SZ6: *Rysunek odręczny jako narzędzie pracy inżyniera* (30h) – dr inż. arch. Joanna Pętkowska-Hankel (PW)
- SL1: *Współczesne technologie półprzewodnikowe - wyzwania zintegrowanej elektroniki i fotoniki* (15h) – prof. Robert Mroczyński (PW)
- SL2: *Wybrane zagadnienia matematyki finansowej* (15h) – prof. Łukasz Stettner (PAN)
- SL3: *Zarządzanie przedsiębiorstwem inteligentnym w gospodarce 4.0. Menedżerski model wsparcia transformacji cyfrowej* (15h) – prof. Mieczysław Morawski (PW)
- SL4: *Monitorowanie wysiłku fizycznego* (30h) – dr inż. Monika Petelczyc (PW)
- SL5: *Współczesne techniki obrazowania geometrii obiektów przestrzennych statycznych i w ruchu* (15h) – prof. Robert Sitnik (PW)
- SL6: *Sztuka budowania relacji – rola pozytywnych i negatywnych emocji* (30h) – dr Leszek Mellibruda (Akademia Handlowa Nauk Stosowanych)
- SL7: *Techniki pracy z wyobraźnią* (15h) – mgr Anna Szalwa (PW)
- SL8: *The Foundations of Computability Theory* (15h) – dr hab. inż. Anna Zamojska-Dzienio (PW)
- SL9: *Rozmowy i rozumowania – wykłady seminaryjne* (30h) – prof. Stanisław Janeczko (PW)

Uaktualniona lista przedmiotów znajduje się na stronie internetowej Centrum

wykłady podstawowe: http://www.konwersatorium.pw.edu.pl/oferta/w_podstawowe.html

wykłady specjalne: http://www.konwersatorium.pw.edu.pl/oferta/w_specjalne.html

Biuletyn Centrum Studiów Zaawansowanych „Profundere Scientiam”

Pl. Politechniki 1, p.152-154, 00-661 Warszawa; e-mail: csz@pw.edu.pl, www.csz.pw.edu.pl

Zespół redakcyjny: Małgorzata Zielińska, Wanda Borkowska, Jowita Krakowiecka, Ilona Sadowska

Opieka merytoryczna: prof. Stanisław Janeczko

Projekt graficzny: Emilia Bojańczyk / Podpunkt | Opracowanie i skład: Małgorzata Zielińska / CSZ