

JANUSZ MROCZKA

DOKTOR HONORIS CAUSA

POLITECHNIKI OPOLSKIEJ

OPOLE 2016

Publikacja przygotowana z okazji nadania
doktoratu honoris causa Politechniki Opolskiej
Profesorowi Januszowi Mrocze



© Copyright by Politechnika Opolska 2016

ISBN 978-83-65235-54-1

Skład, druk i oprawa
Dział Wydawnictw Politechniki Opolskiej



PROF. DR HAB. INŻ. JANUSZ MROZKA

Doktor Honoris Causa

SPIS TREŚCI

Prof. dr hab. inż. Marek Tukeindorf JM Rektor Politechniki Opolskiej ADRES OKOLICZNOŚCIOWY	7
Prof. dr hab. inż. Krzysztof Latawiec LAUDACJA	9
UCHWAŁA SENATU POLITECHNIKI OPOLSKIEJ	23
Prof. dr hab. inż. Zbigniew Bielecki, Wojskowa Akademia Techniczna OPINIA	27
Prof. dr hab. inż. Stanisław Szczepański, Politechnika Gdańska OPINIA	39
Prof. dr hab. inż. Janusz Mrocza PODZIĘKOWANIE	51
Doktor honoris causa prof. dr hab. inż. Janusz Mrocza PROCES POZNAWCZY W METROLOGII.	53

*Causa
Honoris
Doktor*

ADRES OKOLICZNOŚCIOWY

Prof. dr hab. inż. Marek Tukiendorf
JM Rektor Politechniki Opolskiej

Dziś ważna uroczystość Politechniki Opolskiej – nadanie tytułu i godności doktora honoris causa. Nasze środowisko honoruje tym razem Profesora Janusza Mroczkę, członka korespondenta Polskiej Akademii Nauk.

Godność doktora honoris causa jest najwyższym wyróżnieniem, jakie uczelnia może nadać osobom zasłużonym w obszarze nauki, rozwoju kadry i działalności organizacyjnej.

Uczelnia ma w swojej misji nie tylko naukę i edukację. Szkolnictwo wyższe nie może się ograniczać do organizowania konferencji i wychowywania kadry. Te, bez wątpienia istotne elementy, nie mogą przysłaniać budowania własnej, niepowtarzalnej tożsamości. Mówienia o niej następnym pokoleniom.

Akademia musi umieć nazywać rzeczy ważne ważnymi, o ważnych dla nauki ludziach przypominać. Oni sami bowiem o swoje upominać się nie będą.

Politechnika Opolska w swej 50-letniej historii uhonorowała dotychczas sześciu uczonych, wpływających na polską i światową naukę. Osoby wybitne w swoich dziedzinach, tworzące ramy naukowe dla rozwoju otoczenia. To ludzie znani nie tylko w swoim środowisku, ale także rozpoznawalni poza nim.

Taką osobą jest prof. Janusz Mroczka. O nadanie godności doktora honoris causa Politechniki Opolskiej wystąpił Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, a rolę promotora wziął na siebie profesor Krzysztof Latawiec.

W dniu 19 października 2016 r. Senat Politechniki Opolskiej – po uwzględnieniu opinii recenzentów, profesora Stanisława Szczepańskiego oraz profesora Zbigniewa Bieleckiego – podjął uchwałę o nadaniu prof. Januszowi Mroczce, członkowi korespondentowi PAN, tytułu doktora honoris causa.

Marek Tukiendorf

Doktor Honoris Causa

LAUDACJA

Z okazji nadania godności Doktora Honoris Causa
Politechniki Opolskiej prof. dr. hab. inż. Januszowi Mroczce,
wygłoszona przez
prof. dr. hab. inż. Krzysztofa Latawca

*Magnificencjo Rektorze,
Wysoki Senacie,
Szanowny Doktorze Honoris Causa,
Szanowni Państwo!*

Trwa, rozpoczęta w XV wieku przez Uniwersytet w Oxfordzie, uniwersytecka tradycja honorowania wybitnych osobistości tytułem honorowym – doktor honoris causa. Tytuł ten jest najwyższym wyróżnieniem nadawanym przez uniwersytety za wybitne osiągnięcia naukowe oraz za zasługi dla środowiska akademickiego. W gronie honorowanym tym tytułem są również przedstawiciele świata polityki. Godność doktora honoris causa Politechniki Opolskiej nadawana jest osobom wybitnym, które swoją wiedzą, inteligencją i nieprzeciętnym twórczym działaniem przyczyniły się do tworzenia nowego oblicza współczesnego świata w różnych dziedzinach. To doktorzy honorowi byli i są promotorami postępu cywilizacyjnego, a postępu technicznego w szczególności. Potrzeba jest takich wzorców w środowisku akademickim, na których młodzież akademicka będzie budowała system wartości zawodowych, życiowych i moralnych.

W obrazie moralnym laureata tej godności widzi się człowieka o nieprzeciętnych zdolnościach i talencie, kierującego się troską o dobro innych i całego społeczeństwa. Profesor Janusz Mroczka przedstawiany tutaj do tego tytułu jest autorytetem w dziedzinie metrologii, optoelektroniki i fotoniki nie tylko w skali polskiej, ale i międzynarodowej. W środowisku Politechniki Opolskiej jest znanym i cenionym nauczycielem, inspiratorem, promotorem wielu prac naukowych oraz wspaniałym człowiekiem. Wnioskodawcą o przyznanie Profesorowi Januszowi Mroczce tej zaszczytnej godności doktora honoris causa jest Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej, któremu Profesor poświęcił wiele lat pracy.

Doktor Honoris Causa

Jest dla mnie wielkim wyróżnieniem pełnić funkcję promotora oraz do-
stąpić zaszczytu wygłoszenia laudacji. Powinnością laudatora w przewodzie
doktoratu honoris causa jest przedstawienie sylwetki kandydata, jego życia
i dorobku, a w szczególności rozwinięcie sentencji uchwały senatu uczelni
uzasadniającej przyznanie tego zaszczytnego wyróżnienia.

Występując w tej roli, znajduję się w złożonej sytuacji – z pozoru łatwej,
a jednocześnie trudnej. Łatwej, bo prof. zw. dr hab. inż. Janusz Mroczka, człon-
nek korespondent Polskiej Akademii Nauk, jest wybitną osobowością świata
nauki. Trudnej, bo prezentacja wszystkich osiągnięć i zaszczytów Profesora
Janusza Mroczki zatrzymałaby nas tutaj do wieczora. Dlatego niniejsza
laudacja odnosi się do pewnego wyboru rozlicznych zasług Pana Profesora,
zarówno dla nauki krajowej i światowej, jak też w szczególności dla naszego
Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej.

Profesor Janusz Mroczka urodził się 27 kwietnia 1952 r. w Dębicy. Studia
wyższe ukończył w 1976 roku na Wydziale Elektroniki Politechniki Wro-
cławskiej, uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera elektronika. Stopień
doktora nauk technicznych uzyskał w 1980 r., a stopień doktora habilito-
wanego w roku 1991 na podstawie monografii pt. *Metrologiczne wykorzy-
stanie światła rozproszonego do badań cząstek w roztworach dyspersyjnych*.
Tytuł naukowy profesora otrzymał w 1996 r. Od 1999 roku jest zatrudniony
na stanowisku profesora zwyczajnego Politechniki Wrocławskiej. W roku
2010 został wybrany na członka korespondenta Polskiej Akademii Nauk.
Od 2013 roku pełni z wyboru funkcję członka Centralnej Komisji ds. Stopni
i Tytułów. W latach 2001–2007 pełnił funkcję wiceprzewodniczącego Kom-
itetu Metrologii i Aparatury Naukowej Polskiej Akademii Nauk, natomiast w
latach 2007–2015, przez dwie kadencje, funkcję przewodniczącego tego Ko-
mitetu. Podczas przewodniczenia prof. J. Mroczki Komitet ten zajął I miej-
sce w przeprowadzonej ocenie spośród wszystkich komitetów naukowych
PAN. Profesor ponadto: jest stałym członkiem SPIE – The International So-
ciety for Optical Engineering (od 1992 r.), International Technical Working
Group on Penetrating Radiation, USA (od 1994 r.), Polskiego Towarzystwa
Fizycznego (od 1986 r.) oraz wielu komisji na Wydziale Elektroniki Poli-
techniki Wrocławskiej, a także był członkiem Sekcji Miernictwo Interdy-
scyplinarne KBN (10 konkursów), przewodniczącym Sekcji Miernictwo
Interdyscyplinarne KBN (5 konkursów), członkiem Senatu Politechniki
Wrocławskiej (1999–2005 r.).

Zainteresowania naukowe Profesora Janusza Mroczyki to: metodologia procesu poznawczego, algorytmizacja problemu odwrotnego, pomiary pośrednie źle uwarunkowane numerycznie, analiza spektralna i polaryzacyjna promieniowania rozproszonego w opisie właściwości układów dyspersyjnych, metodologia łączenia danych pomiarowych o różnej przestrzennej rozdzielczości z wykorzystaniem deterministycznych i stochastycznych metod przetwarzania, wykorzystanie reprezentacji czasowo-częstotliwościowych sygnałów w przetwarzaniu danych pomiarowych, opracowanie metody momentów w analizie układów dyspersyjnych.

Prof. Janusz Mrocza jest autorem/współautorem 415 publikacji, wśród nich 115 z listy filadelfijskiej, 131 artykułów w czasopismach, 4 monografii i książek, 13 rozdziałów w monografiach i książkach, 145 referatów konferencyjnych, w tym 64 na konferencjach międzynarodowych, 8 patentów i zgłoszeń patentowych, 23 recenzji artykułów z listy filadelfijskiej, 6 recenzji monografii i książek. Liczba cytowań jego prac wynosi 853, indeks $h = 19$ (Scopus). Profesor opracował 3 recenzje doktoratów honoris causa (prof. A. Barella z Barcelony, prof. Z. Hotra ze Lwowa, prof. W. Woliński WAT Warszawa), 40 recenzji wniosków profesorskich, 1 recenzję wniosku profesorskiego za granicą (Preston, Anglia), 47 recenzji przewodów habilitacyjnych oraz 18 recenzji doktoratów. Był kierownikiem 24 projektów badawczych, w tym zrealizował: 11 projektów badawczych własnych, 1 projekt celowy, 1 projekt rozwojowy, 8 projektów promotorskich i 7 projektów międzynarodowych. W 4 projektach badawczych brał udział jako główny wykonawca. Wyniki badań 4 projektów zostały wdrożone do praktycznego stosowania.

Profesor Janusz Mrocza za swoją działalność naukowo-badawczą i dydaktyczną został wyróżniony wieloma nagrodami i wyróżnieniami: nagrodą indywidualną II stopnia MEN (1989), Nagrodą Wydziału IV PAN (1993), Subsydium Profesorskim Fundacji na rzecz Nauki Polskiej (2005), Nagrodą *Professor Opoliensis* (2014), Nagrodą Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za wybitne osiągnięcia w opiece naukowej i dydaktycznej (2014) oraz Nagrodą Prezesa PAN za stworzenie szkoły naukowej w zakresie metrologii elektronicznej i fotonicznej wraz z cykliczną serią wydawniczą „Problemy metrologii elektronicznej i fotonicznej” oraz czasopismem specjalistycznym indeksowanym w JCR „Metrology and Measurement Systems” (2015).

Ponadto otrzymał Nagrodę Naukową im. prof. Mariana Suskiego, Złotą Odznakę Politechniki Wrocławskiej z Brylantem, Medal im. prof. Kazimierza

Idaszewskiego oraz Medal im. prof. Włodzimierza Krukowskiego. Jest również odznaczony Krzyżem Oficerskim Orderu Odrodzenia Polski, Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski, Złotym, Srebrnym i Brązowym Krzyżem Zasługi oraz Medalem Komisji Edukacji Narodowej. Otrzymał ponad 30 nagród JM Rektora Politechniki Wrocławskiej.

Profesor dr hab. inż. Janusz Mroczka był w latach 1991–1996 dyrektorem Instytutu Metrologii Elektrycznej Politechniki Wrocławskiej, gdzie założył specjalność dydaktyczną *aparatura elektroniczna*, która do chwili obecnej jest najbardziej popularną wśród studentów na kierunku *elektronika*, a w przypadku pracodawców, kuźnią młodych talentów poszukiwanych na rynku pracy w całym kraju.

W roku 1998 był inicjatorem i założycielem Katedry Metrologii Elektronicznej i Fotonicznej, którą kieruje do chwili obecnej. W tym okresie w istotny sposób rozwinął zaplecze i bazę aparaturową oraz rozwinął wiele wątków badawczych. W katedrze odbywa się stałe cotygodniowe seminarium naukowe, na którym prezentowane są prace naukowe młodych pracowników, doktorantów i wyróżniających się studentów, którzy podczas studiów zgłaszają chęć realizacji pracy doktorskiej w katedrze. Ta systematyczna wieloletnia praca z młodymi ludźmi pozwoliła na zbudowanie zespołu badawczego z nowoczesną tematyką, a tym samym umożliwiła młodym uczonym współpracę z różnymi ośrodkami zagranicznymi i krajowymi na zasadach partnerskich. Owocem tak zapoczątkowanej pracy stały się doktoraty *co-tutelle* prowadzone wspólnie z ośrodkami francuskimi. Istotnym jest, że prof. dr hab. inż. Janusz Mroczka był jednym z prekursorów zapoczątkowanych w latach 90. ubiegłego wieku doktoratów *co-tutelle*. Wypromowanie w ten sposób przez prof. J. Mroczkę doktoratów, wszystkich z wyróżnieniem, świadczy o umiejętności w poszukiwaniu warsztatu naukowego dla młodych na światowym poziomie, a w szczególności o konsekwentnej pracy u podstaw z młodymi ludźmi, których przygotowywał do tego typu doktoratów już od pierwszych lat studiów.

Do najważniejszych osiągnięć prof. J. Mroczki w działalności dydaktycznej należy utworzenie na Wydziale Elektroniki specjalności *aparatura elektroniczna* i konsekwentna jej modernizacja przez wiele lat. Profesor systematycznie dokonywał aktualizacji potrzeb potencjalnych absolwentów do rynku pracy, a w szczególności stwarzał młodym ludziom szansę dalszego rozwoju poprzez nowoczesne przedmioty, w większości powstałe z inspira-

cji prof. J. Mroczi, w dużej mierze będące jego autorskimi przedmiotami. Pochłonięty współpracą z młodymi stara się ich od pierwszych lat studiów zainteresować pracą naukową, a po ich deklaracji o kontynuacji współpracy na studiach doktoranckich, konsekwentnie z nimi współpracować.

Tak zarysowane wątki pracy dydaktycznej pozwalają zauważyć, że perfekcyjna dbałość o sam proces dydaktyczny połączona jest z misterną troską o wychowanie młodych ludzi. Wychowany w surowej szkole etycznej pragnie tak zaszczepione wartości przekazywać swoim wychowankom. Przykładem jest wykład „Mistrz i uczeń”, znany w wielu ośrodkach akademickich w kraju, pokazujący wizję prof. J. Mroczi i paradygmat, jakim w procesie dydaktycznym się posługuje. Wykład ten, wygłoszony po raz pierwszy w Sali Senatu Politechniki Wrocławskiej, zdobył rozgłos w środowisku akademickim jako ten element, który mógłby odegrać istotną rolę w coraz to bardziej skomercjalizowanych uwarunkowaniach, w których dane jest młodym pokoleniom dorastać. Wykład był wygłoszony na zaproszenie m.in. w: Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie, Instytucie Immunologii i Terapii Doświadczalnej PAN im. L. Hirszfelda we Wrocławiu i szeregu innych środowiskach akademickich, w których został entuzjastycznie przyjęty zarówno przez starsze pokolenia, a w szczególności przez młode generacje. Możliwe to było dzięki umiejętności docierania do ludzi i entuzjazmu, który emanuje podczas jego prezentacji. Zapytany w jednym z wywiadów, na czym polega relacja mistrz – uczeń Profesor Janusz Mrocza powiedział:

„To relacja opierająca się na otwartości, wzajemnym zaufaniu i dobrowolności. Mistrz musi respektować godność, podmiotowość i autonomię ucznia, szanować jego prawo do swobodnej opinii na tematy naukowe. Zasada otwartości dotyczy w równej mierze ucznia, który także powinien umieć się przystosować do tego, że czegoś nie wie i uzyskiwać odpowiedź w dyskusji.

Mam świadomość, że dziś wielu osobom trudno w to uwierzyć, ale wystarczy spróbować i zobaczyć, jak szybko pojawią się owoce takiej postawy.

Starszy nie powinien myśleć tylko o swoich sukcesach, ale powinien zauważyć, że jeśli podzieli się z młodszym, to łatwiej będzie mu przejść ten trudny, a czekający go nieuchronnie okres, kiedy nie będzie już miał tyle sił i twórczego zapału. Dzięki młodym będzie mógł być wciąż aktywny i cieszyć się z ich sukcesów, wiedząc, że to on dał tym sukcesom początek.”

Sposobem na motywację drugiego człowieka jest przede wszystkim otwartość. To na niej buduje się więź i wzajemne zaufanie pomiędzy starszym (a więc tym, który ma stać się mistrzem) a młodszym (a więc jego uczniem).

Tak zarysowany proces popularyzacji procesu dydaktycznego w różnych środowiskach zostaje w pragmatyczny sposób udokumentowany kolejną inicjatywą, jaką jest wydanie pod red. prof. J. Mroczi książki pt. *Problemy metrologii elektronicznej i fotonicznej*, będącej zbiorem obszernych, pięćdziesięcio- i więcej stronicowych opracowań naukowych, których autorami są znane autorytety w tej dziedzinie w Polsce, cieszący się dużym uznaniem za granicą, wraz ze swoimi uczniami. Tak przyjęta forma pozwala ukazać i propagować w szerokim gremium naukowym najlepsze prace na stopień (doktorskich i habilitacyjnych), dając tym samym wykładnię poziomu i sposobu prowadzenia badań naukowych. Ta seria ukazała się dotychczas w 8 tomach i stanowi bestseller w środowisku naukowym, w którym doskonali się sposób kształcenia młodych ludzi. Dbałość o dorobek naukowy młodych pokazał prof. J. Mrocza poprzez poczynienie starań wprowadzenia na listę filadelfijską krajowego czasopisma „*Metrology and Measurement Systems*” wraz ze swoimi przyjaciółmi profesorami, z którymi dane mu było kierować Komitetem Metrologii i Aparatury Naukowej PAN, gdzie pełnił z wyboru funkcję przewodniczącego przez dwie kadencje (tzn. od 2007 do 2015 r.).

Projekty badawcze prowadzone przez prof. J. Mroczkę stanowią podstawowy element, w który angażowani są młodzi pracownicy katedry i dotyczy to wszystkich rodzajów grantów, które były dotychczas realizowane. Praktycznie każda praca doktorska i habilitacyjna miała wsparcie i realizowana była w ramach licznych grantów. Tak wypracowana forma pozwalała doktorantom na realizację doktoratów co-tutelle we Francji, staży krótkoterminowych innych doktorantów, jak i wyjazdy na specjalistyczne konferencje międzynarodowe.

Prof. J. Mrocza wypromował do chwili obecnej 24 doktorów i jest opiekunem kolejnych dwóch otwartych przewodów doktorskich oraz był opiekunem 8 habilitacji.

Zespół prof. J. Mroczi realizuje szereg wątków naukowych we współpracy z krajowymi i zagranicznymi ośrodkami naukowymi. Owocem wspólnych badań z tymi ośrodkami są wspólne publikacje oraz odbyte staże naukowe przez doktorantów i studentów. Współpraca ta dotyczy następujących ośrodków zagranicznych: Institut National des Sciences Appliquees, Rouen, CNRS

unite 6614 DS10, Francja; Department of Engineering and Product Design, University of Central Lancashire, Preston, Wielka Brytania; Institut Universitaire des Systemes Thermiques Industriels, Marsylia, UMR CNRS 6595, Francja; Department of Biomedical Engineering, Boston University, Boston, USA; Biomedical Physics Laboratory, Universite Libre de Bruxelles, Bruksela, Belgia; Auckland Bioengineering Institute, The University of Auckland, Auckland, Nowa Zelandia; Department of Electrical Engineering, Systems and Automation, Ghent University, Belgia; Dipartimento di Ingegneria Dell' Innovazione, University of Salento, Lecce, Włochy. Profesor utrzymuje także kontakty naukowe z: Centre for Modelling and Information in Medicine, City University, Londyn, Wielka Brytania; Dipartimento de Elettronica e Informatica, University of Padova, Padwa, Włochy; Royal Brompton National Heart and Lung Hospital, Londyn, Wielka Brytania; Physiologie Respiratoire et Sportive, Hopital Charles Nicolle, Rouen, Francja.

ZASŁUGI PROFESORA DLA POLITECHNIKI OPOLSKIEJ

Prof. dr hab. inż. Janusz Mroczka rozpoczął swoją pracę w Politechnice Opolskiej w 1997 roku na Wydziale Elektrotechniki i Automatyki. Prowadził wykłady dydaktyczne z zakresu cyfrowego przetwarzania sygnałów, kładąc podwaliny samodzielnej grupy badawczej o tematyce związanej z zastosowaniem zaawansowanych metod cyfrowego przetwarzania sygnałów w szeroko pojętej elektrotechnice, elektronice i automatyce.

W 2000 roku prof. Janusz Mroczka z dwoma wychowankami, którzy zatrudnili się na Politechnice Opolskiej, a wcześniej studiowali na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej, zainicjował powstanie w Opolu grupy zajmującej się cyfrowym przetwarzaniem sygnałów. Do zespołu w 2002 r. dołączył kolejny wychowanek Katedry Metrologii Elektronicznej i Fotonicznej Politechniki Wrocławskiej, a w roku 2006 magistrantka Profesora – absolwentka Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej. Prace prowadzone w zespole zaowocowały obroną 4 doktoratów oraz 2 habilitacji.

Tematyka badawcza utworzonego przez prof. Janusza Mroczkę zespołu obejmuje cztery zasadnicze obszary:

- zastosowanie analiz czasowych, częstotliwościowych oraz czasowo-częstotliwościowych w badaniach jakości energii elektrycznej oraz zakłóceń występujących w sieciach elektroenergetycznych,

Doktor Honoris Causa

- pomiary zakłóceń oraz jakości energii elektrycznej,
- konstrukcję wbudowanego sprzętu pomiarowego opartego o nowoczesne jednostki obliczeniowe typu procesory aplikacyjne, procesory sygnałowe, układy FPGA oraz mikrokontrolery,
- zastosowanie zaawansowanych analiz cyfrowego sygnału do badania sygnałów biomedycznych.

Głównym zagadnieniem badawczym zespołu było zastosowanie analiz cyfrowego przetwarzania sygnałów w badaniach przebiegu elektroenergetycznego. Prace koncentrowały się wokół poszukiwania zaawansowanych analiz cyfrowego przetwarzania, które często ze względu na swoją złożoność obliczeniową, nie były stosowane w tym obszarze naukowym. Wyróżnić można trzy zasadnicze kierunki badań: zastosowanie analiz częstotliwościowych, czasowo-częstotliwościowych oraz innych.

Pierwszy z kierunków zakładał optymalizację standardowych metod stosowanych w komercyjnym sprzęcie pomiarowym i wskazanie tych typów zakłóceń, dla których standardowe procedury pomiarowe dawały błędne wyniki pomiarów. Jako alternatywę do stosowanych metod, prowadzono badania nad metodą Prony'ego oraz jej odmianami, rozwijanymi w dwóch pracach doktorskich oraz pracy habilitacyjnej.

Badania te początkowo prowadzone były w kierunku zastosowania metody Prony'ego w wyznaczaniu parametrów jakości energii elektrycznej. W szczególności analizowana była możliwość precyzyjnego obliczania parametrów harmoniczných, interharmoniczných oraz subharmoniczných sygnałów elektroenergetycznych takich jak częstotliwość, amplituda oraz faza początkowa. Metoda Prony'ego wykazywała pod tym względem wiele zalet, z których należy wymienić między innymi:

- brak konieczności próbkowania synchronicznego,
- możliwość stosowania krótszych okien analizy, co jest szczególnie cenne w przypadku sygnałów niestacjonarnych,
- możliwość precyzyjnej identyfikacji składowych niesynchronizowanych z harmoniczną podstawową 50 Hz.

Prowadzone w zespole prace badawcze związane z metodami Prony'ego można ogólnie podzielić na następujące obszary tematyczne:

- zastosowanie metod Prony'ego w diagnostyce jakości energii elektrycznej oraz pośrednio stanu sieci elektroenergetycznej wraz z dołączonymi do niej odbiornikami,

- zastosowanie metod Prony'ego w analizie układów elektronicznych, w szczególności wzmacniaczy elektronicznych,
- zastosowanie metod Prony'ego przy realizacji układów kondycjonowania sygnałów elektroenergetycznych w systemach pomiarowych jakości energii elektrycznej,
- poszukiwanie nowych modyfikacji metod Prony'ego do zastosowań pomiarowych w elektrotechnice oraz optymalizacje:
 - zredukowanej metody Prony'ego,
 - metody ze znanymi wybranymi składowymi,
 - zmiennoczęstotliwościowej metody Prony'ego,
 - metody Prony'ego niskiego rzędu z pojedynczym filtrem pasmowo-przepustowym,
 - rekursywnej metody Prony'ego,
 - metody Prony'ego ze zmiennym oknem analizy,
 - zredukowanej metody Prony'ego z podwójnym przebiegiem próbkującym,
- fuzje metod Prony'ego z innymi metodami przetwarzania sygnałów,
- oprogramowanie zaawansowanych metod przetwarzania sygnałów opartych o metody Prony'ego oraz ich implementacje w urządzeniach pomiarowych i monitorujących,
- konstrukcja pomiarowych systemów mikroprocesorowych o prostej architekturze i niskim koszcie budowy,
- badania nad implementacjami zaawansowanych metod przetwarzania sygnałów opartych o metody Prony'ego w systemach embedded z procesorem sygnałowym DSP,
- badania nad implementacjami zaawansowanych metod przetwarzania sygnałów opartych o metody Prony'ego w urządzeniach embedded z systemem operacyjnym z rodziny Unix oraz procesorem o złożonej architekturze OMAP.

Wcześniejsze badania obejmowały również prace nad metodami stratnymi cyfrowej kompresji danych wykorzystywanych do kodowania przebiegów sieci elektroenergetycznej, rejestrowanych za pomocą standardowych urządzeń monitorujących. Zrealizowano między innymi implementację programową algorytmu kompresji danych pomiarowych, opartego o modelowanie parametryczne metodą Prony'ego, w połączeniu z transformatą falkową.

Równolegle do metod częstotliwościowych zespół rozwijał zastosowa-

nie analiz czasowo-częstotliwościowych w poszukiwaniu niestacjonarnych zakłóceń występujących w przebiegach elektroenergetycznych oraz badano możliwość ich wykorzystania w wyznaczeniu parametrów jakości energii elektrycznej.

Prowadzono badania nad zastosowaniem transformacji falkowej, transformacji Gabora-Wignera oraz dystrybucji z klasy Cohena, a w szczególności różnych odmian dystrybucji Wignera-Ville'a.

W obszarze transformacji falkowej zbadano analizę wykorzystania dyskretnej diadycznej transformacji falkowej w detekcji i lokalizacji zakłóceń krótkotrwałych w napięciowym sygnale elektroenergetycznym. Do analizy wykorzystywano filtry falkowe, a następnie uzyskane podpasma poddawano dodatkowej analizie z wykorzystaniem entropii i odchylenia standardowego. Dzięki zastosowaniu wybranych detali wysokoczęstotliwościowych możliwa była rekonstrukcja zakłóceń występujących w analizowanym sygnale.

Wykonywane były również pomiary jakości energii elektrycznej w bliskiej odległości inwerterów jednofazowych wykorzystywanych w elektrowniach fotowoltaicznych, które wprowadzają dużą niesymetrię w sieciach trójfazowych. Obecnie trwają prace nad wykorzystaniem pakietów falkowych do sterowania wytwarzaniem energii ze źródeł odnawialnych, które poprawiają jakość energii elektrycznej.

Pozostałe metody czasowo-częstotliwościowe: transformacja Gabora-Wignera, transformacja Wignera-Ville'a oraz jej odmiany, dystrybucje z klasy Cohena, w tym dystrybucja Choi-Williamsa oraz kombinacje wymienionych metod, analizowane były pod kątem możliwości detekcji oraz lokalizacji na płaszczyźnie czasowo-częstotliwościowej charakterystycznych zakłóceń, występujących w sieciach niskiego napięcia. Wynikiem badań było wyznaczenie parametrów wejściowych metod, optymalizowanych pod kątem minimalizacji błędu wyznaczania widma sygnału bądź jego lokalizacji czasowej, ze szczególnym uwzględnieniem ich aplikacji w wyznaczaniu parametrów jakości energii elektrycznej. Opracowano ponadto algorytmy informatyczne, umożliwiające implementację metod w pomiarowych systemach wbudowanych o ograniczonych zasobach sprzętowych, optymalizowanych pod kątem zastosowania procesorów sygnałowych DSP.

W nurcie badań nad zaawansowanymi metodami przetwarzania sygnałów i ich aplikacją w pomiarach jakości energii elektrycznej testowano procedurę, wykorzystującą zmodyfikowane morfologiczne metody przetwa-

rzania obrazów do redukcji artefaktów powstałych w wyniku zastosowania czasowo-częstotliwościowych analiz sygnałów. Przeprowadzone badania dotyczyły głównie dystrybucji Wignera-Ville'a ze względu na jej optymalne własności rozdzielcze i występowanie niepożądanych artefaktów w przypadku występowania pewnej grupy zakłóceń, pojawiających się w rzeczywistych sieciach elektroenergetycznych. W celu eliminacji powstałych artefaktów, wykorzystano autorską procedurę obliczeniową, wykorzystującą metody morfologiczne przetwarzania obrazów, dzięki którym można redukować wcześniej wspomniane artefakty, bez pogarszania rozdzielczości analizowanego obrazu. Metodę można było także zastosować w celu rozpoznawania i klasyfikacji innych zakłóceń występujących w sieciach elektroenergetycznych (np. przepięć, zapadów itp.). Pozytywne rezultaty opisanej metody umożliwiły trafniejsze diagnozowanie i planowanie zabezpieczeń sieci elektroenergetycznej, uwzględniając zmieniającą się specyfikę (np. zwiększoną wrażliwość na zakłócenia) nowoczesnych urządzeń.

Drugim obszarem prac zespołu było poszukiwanie rzeczywistych zakłóceń, występujących zarówno w sieciach elektroenergetycznych tradycyjnych, jak i źródłach energii odnawialnych. Wykonano szereg pomiarów parametrów jakości energii elektrycznej zgodnie z obowiązującymi normami oraz dodatkowo zarejestrowano przebiegi czasowe wraz występującymi zakłóceniami. Do tego celu zastosowano komercyjne oraz laboratoryjne urządzenia pomiarowe, bazujące na komputerach przemysłowych. Ze względu na szerokie spektrum poszukiwanych zakłóceń pomiary te wykonywano w sieciach zasilających: gospodarstwa domowe, szpitale, zakłady przemysłowe, duże firmy informatyczne czy budynki biurowe. W wyniku prac opracowano procedury pomiarowe, umożliwiające pomiar jakości energii elektrycznej dla potrzeb przemysłu, jak i rejestrację sygnałów, mogących stanowić potencjalny materiał testowy dla rozwijanych zaawansowanych analiz cyfrowego przetwarzania sygnałów.

Trzecim obszarem, rozwijanym przez zespół, było opracowywanie architektur sprzętowych i programistycznych sprzętu pomiarowego w oparciu o autonomiczne systemy wbudowane. W wyniku prac powstało kilka urządzeń pomiarowych, w których wykorzystano tanie mikrokontrolery o małych mocach obliczeniowych oraz zaawansowane wielokanałowe systemy pomiarowe, implementujące w swojej strukturze nowoczesne procesory sygnałowe. Opracowano wersje prototypowe urządzeń oraz przetestowano możliwości

implementacji rozwijanych zaawansowanych metod cyfrowego przetwarzania sygnałów. Prace prowadzone były w kooperacji z dużymi firmami, produkującymi sprzęt pomiarowy w zastosowaniach automatyki elektroenergetycznej oraz trakcji kolejowej. W warunkach laboratoryjnych badano możliwości konstrukcji sprzętu z implementacją różnych środowisk programistycznych: Matlab/Simulink, LabView czy dedykowanych systemów operacyjnych czasu rzeczywistego typu Linux lub SYS/BIOS. Prowadzone prace umożliwiły również stworzenie Laboratorium Mikrokontrolerów i Procesorów Sygnałowych, z którego korzystają obecnie studenci wszystkich kierunków, prowadzonych na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki. Obecnie trwają intensywne prace nad rozszerzeniem portfolio laboratorium o procesory aplikacyjne, będące podstawą współczesnych smartfonów i tabletów, wprowadzając nowy przedmiot związany z technologiami mobilnymi.

Ostatnim głównym obszarem badawczym zespołu było zastosowanie zaawansowanych analiz cyfrowego sygnału do badania sygnałów biomedycznych.

Zespół w ciągu kilkunastu lat swojego istnienia podejmował, w ramach działalności, wiele inicjatyw naukowo-organizacyjnych.

Opublikowane zostało wiele artykułów w czasopismach o zasięgu międzynarodowym i krajowym, m.in. IEEE Transactions on Power Delivery, Metrology and Measurement Systems, Energy Spectrum. Uczestniczono bądź kierowano 8 grantami. Uczestniczono w prestiżowych międzynarodowych konferencjach, m.in. International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation, International Conference on Harmonics and Quality of Power, International Conference on Renewable Energies and Power Quality, International Scientific Conference – Electric Power Engineering.

Istotnym czynnikiem prac prowadzonych w zespole była współpraca z partnerami z przemysłu. Obejmowała ona prace w zakresie konstrukcji sprzętu elektronicznego, implementacji algorytmów przetwarzania sygnałów w branży elektroenergetycznej oraz medycznej. Współpraca zaowocowała wykonaniem 8 ekspertyz dla przemysłu oraz opracowaniem 30 zgłoszeń patentowych. Realizowano programy stażowe w przemyśle – łącznie 8.

Członkowie zespołu uczestniczą ponadto w pracach Komitetu Metrologii i Aparatury Naukowej Polskiej Akademii Nauk oraz Komisji Elektroniki Polskiej Akademii Nauk.

Obecnie w zespole rozwija się kolejne pokolenie naukowców, zgromadzone wokół tematyki zainspirowanej przez Profesora Mroczkę, poszerzając ją o zagadnienia informatyczne w systemach wbudowanych oraz automatyki trakcji kolejowej.

WNIOSKI KOŃCOWE

Profesora Janusza Mroczkę cechuje upór (w pozytywnym sensie), wytrwałość i łatwość w pokonywaniu trudności. W dyskusjach zauważalna jest olbrzymia moc jego analitycznego myślenia, łatwość rezygnacji z zewnętrznych uwarunkowań, czynienia możliwego z niemożliwego. Jego wewnętrzną przestrzeń intelektualną określa lotność myślenia, niebywała zdolność ujawniania paradoksów, lekkość dostawania się do ludzkich wnętrz, krusząc tym samym najtwardsze elementy ludzkiego ego. Narzędziem, którym to osiąga, jest wrodzony żart i dowcip podparty dużą wiedzą humanistyczną. Ta lotność myślenia, otwartość ceniona jest przez młode pokolenie, któremu wszelkimi siłami pomaga, co odwzajemniane jest bezwzględny zaufaniem. Z powodzeniem można go zapytać o radę, a odpowiedź będzie najczęściej nie tylko trafna, ale i wielce pomocna. Znany jest z puentowania rzeczywistości cytataми klasyków. Swoim wychowankom pisze dedykacje opatrzone myślami filozofów czy pisarzy. W większości wszelkie przedmowy zaczyna cytataми. Jest człowiekiem wrażliwym, refleksyjnym, solidnym, wiernym, o niespotykanej aktywności intelektualnej. Zapytany o rodzinę mówi, że to jej poświęcenie było i jest dla niego nieustającym natchnieniem do dalszego działania, to dzięki jej oddaniu może żyć nauką.

Prof. J. Mroczka rezygnował z wielu zaszczytów, potrafił składać ofiarę z jednych wartości dla wartości innych, bowiem twierdził, że wymaga tego dobro wspólne – *bonum universitatis*.

SZANOWNI PAŃSTWO

To wyróżnienie jest wyrazem głębokiego uznania dla Profesora Janusza Mroczki, dla jego wybitnych osiągnięć: naukowych, postawy moralnej, zasług dla rozwoju kadry naukowej naszej *Alma Mater* i jej promocji na mapie ośrodków akademickich krajowych i zagranicznych. Tym tytułem i tą uroczystością pragniemy spłacić częściowo nasz dług za jego osiemnastoletnią efektywną pracę w murach naszej uczelni, jednocześnie zaprosić do dalszego jej kontynuowania.

Doktor Honoris Causa

UCHWAŁA SENATU POLITECHNIKI OPOLSKIEJ



POLITECHNIKA OPOLSKA

Rektor

ul. Prószkowska 76
45-758 OPOLE
www.po.opole.pl

tel.: + 48 77 449 82 20
e-mail: rektor@po.opole.pl

**Uchwała nr 27
Senatu Politechniki Opolskiej
z dnia 19 października 2016 r.
w sprawie nadania tytułu doktora honoris causa Politechniki Opolskiej
prof. zw. dr. hab. inż. Januszowi Mrocze**

Na podstawie § 15 ust. 1 pkt 15 statutu Politechniki Opolskiej oraz § 3 ust. 3 Regulaminu nadawania tytułu doktora honoris causa Politechniki Opolskiej, stanowiącego załącznik nr 4 do statutu Politechniki Opolskiej:

§ 1. Senat Politechniki Opolskiej nadaje tytuł doktora honoris causa Politechniki Opolskiej prof. zw. dr. hab. inż. Januszowi Mrocze.

§ 2. Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodniczący
Senatu Politechniki Opolskiej

Rektor
prof. dr hab. inż. Marek Tukiendorf

Doktor Honoris Causa



OBY TO BYŁO SZCZĘŚLIWE, POMYŚLNE I DOBRE

MY

REKTOR I SENAT
POLITECHNIKI OPOLSKIEJ

ORAZ

RADA WYDZIAŁU ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI I INFORMATYKI
MĘŻOWI UCZONEMU

JANUSZOWI MROCZCE

CZŁONKOWI KORESPONDENTOWI PAN,
DOKTOROWI HONORIS CAUSA,
CZŁONKOWI CENTRALNEJ KOMISJI DS. STOPNI I TYTUŁÓW,
TWÓRCY POLSKIEJ SZKOŁY METROLOGII ELEKTRONICZNEJ
I FOTONICZNEJ,
WYBITNEMU SPECJALIŚCIE W ZAKRESIE METROLOGII,
CENIONEMU WYCHOWAWCY I NAUCZYCIELOWI AKADEMICKIEMU,
ZASŁUŻONEMU DLA INTEGRACJI KRAJOWEGO
I MIĘDZYNARODOWEGO ŚRODOWISKA NAUKOWEGO,
W UZNANIU ZASŁUG DLA ROZWOJU POLITECHNIKI OPOLSKIEJ
NADAJEMY TYTUŁ

DOKTORA HONORIS CAUSA

I DLA POTWIERDZENIA TEGO FAKTU
POLECILIŚMY OPIECZĘTOWAĆ DYPLOM PIECZĘCIAMI
POLITECHNIKI OPOLSKIEJ

OPOLE, DNIA 18 STYCZNIA 2017

KRZYSZTOF LATAWIEC

TOMASZ BOCZAR

PROMOTOR

DZIEKAN

MAREK TUKIENDORF

REKTOR



QUOD FELIX FAUSTUM BONUM FORTUNATUMQUE SIT

NOS

RECTOR MAGNIFICUS ET SENATUS
POLYTECHNICAE OPOLIENSIS
ET CONSILIUM FACULTATIS
CIENTIAE ELECTROTECHNICAE AUTOMATARIAE ET INFORMATICAЕ
IN VIRUM DOCTUM

IANUM MROCZKA

SODALEM CORRESPONDENTEM ACADEMIAE SCIENTIARUM POLONAE
HONORIS CAUSA DOCTOREM
CENTRALIS CONSILII AD GRADUS ET TITULOS ACADEMICOS DECERNENDOS MEMBRUM
METROLOGIAE ELECTRONICAE PHOTONICAEQUE SCHOLAE POLONAE CREATOREM
METROLOGIAE VIRUM ILLUSTRISIME PERITUM
ACADEMICUM EMINENTEM PROFESSOREM ATQUE EDUCATOREM
MERITUM DE INTEGRATIONE NATIONALIS ET INTERNATIONALIS
ACADEMICAЕ COMMUNITATIS
OPERAM INGENTEM IMPOSITAM IN POLYTECHNICAE OPOLIENSIS
PROGRESSUM AGNOSCENTES

HONORIS CAUSA DOCTORIS

NOMEN HONORES IURA PRIVILEGIA OMNIA CONFERIMUS
IN EIUSQUE REI FIDEM HOC DIPLOMA
POLYTECHNICAE OPOLIENSIS SIGILLO SANCIENDUM CURAVIMUS

OPOLIAE DIE A.D. XV KAL. FEB. A.D. MMXVII

CHRISTOPHORUS LATAWIEC

PROMOTOR RITE CONSTITUTUS

THOMAS BOCZAR

H.T. DECANUS SPECTABILIS

MARCUS TUKIENDORF

RECTOR MAGNIFICUS

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Bielecki
Wojskowa Akademia Techniczna
ul. gen. S. Kaliskiego 2
00-908 Warszawa

OPINIA

W SPRAWIE WNIOSKU POLITECHNIKI OPOLSKIEJ
O NADANIE
PROF. ZW. DR. HAB. INŻ. JANUSZOWI MROCZCE,
CZŁ. KORESP. PAN
TYTUŁU DOKTORA HONORIS CAUSA
POLITECHNIKI OPOLSKIEJ

WPROWADZENIE

Tytuł doktora honoris causa to najwyższe honorowe wyróżnienie akademickie – to wyraz szczególnego uznania społeczności akademickiej danej uczelni dla osoby wybitnej, która swoją wiedzą, inteligencją i twórczym działaniem jest autorytetem naukowym i moralnym, godnym naśladowania. Laureaci tych tytułów nie szczędzą sił w tworzeniu nowego oblicza współczesnego świata w różnych dziedzinach. To oni są promotorami postępu cywilizacyjnego, wzorcami, na których młode pokolenia winny opierać i rozwijać swoje systemy wartości zawodowych, moralnych i życiowych w ogóle. W osobie laureata tej godności widzi się człowieka wybitnego, o nieprzeciętnych zdolnościach i talencie, kierującego się troską o dobro innych i całego społeczeństwa. Profesor Janusz Mroczka doskonale wpisuje się w ten obraz. Jest autorytetem w dziedzinie nauk technicznych, a w specjalnościach elektronika, metrologia i fotonika znany jest w środowisku międzynarodowym i ceniony jako nauczyciel, inspirator i promotor wielu prac naukowych.

Wnioskodawcą przyznania Profesorowi Januszowi Mroczce zaszczytnej godności doktora honoris causa jest Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej, na którym Profesor pracował przez osiemnaście lat.

Doktor Honoris Causa

SYLWETKA KANDYDATA

Profesor Janusz Mroczka urodził się 27 kwietnia 1952 r. Studia wyższe ukończył w 1976 roku na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej, uzyskując tytuł zawodowy magistra inżyniera. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał w 1980 r., a stopień doktora habilitowanego w roku 1991 na podstawie monografii pt. *Metrologiczne wykorzystanie światła rozproszonego do badań cząstek w roztworach dyspersyjnych*. Tytuł naukowy profesora otrzymał w 1996 r. Od 1999 roku jest zatrudniony na stanowisku profesora zwyczajnego Politechniki Wrocławskiej. W roku 2010 wybrano go na członka korespondenta Polskiej Akademii Nauk. Od 2013 roku pełni z wyboru funkcję członka Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów. W latach 2001–2007 pełnił funkcję wiceprzewodniczącego Komitetu Metrologii i Aparatury Naukowej Polskiej Akademii Nauk, natomiast w latach 2007–2015, przez dwie kadencje, funkcję przewodniczącego tego Komitetu.

Pracę zawodową rozpoczął w Politechnice Wrocławskiej. Profesor Janusz Mroczka był w latach 1991–1996 dyrektorem Instytutu Metrologii Elektrycznej Politechniki Wrocławskiej. W roku 1998 założył Katedrę Metrologii Elektronicznej i Fotonicznej, którą kieruje do chwili obecnej.

Profesor Janusz Mroczka odbył liczne zagraniczne staże naukowe na uniwersytetach we Francji, Japonii, Wielkiej Brytanii, Niemczech oraz Holandii.

OSIĄGNIĘCIA NAUKOWE

Profesor Janusz Mroczka posiada bardzo bogaty dorobek naukowy w dyscyplinie elektronika znany zarówno w kraju, jak i za granicą. Tematyka badawcza prowadzonych przez Profesora J. Mroczkę prac obejmuje: metodologię obserwacji i eksperymentu, algorytmizację problemu odwrotnego, modelowanie matematyczne pól fizycznych i ich praktyczną realizację metodami tomografii optycznej i impedancyjnej, kompleksowe modelowanie dynamicznych obiektów technicznych i biomedycznych z uwzględnieniem parametrów skupionych i rozłożonych, analizę spektralną i polaryzacyjną promieniowania rozproszonego w układach dyspersyjnych i ich praktyczne wykorzystanie w ocenie właściwości materiałów kompozytowych, metody obrazowania optycznego i przetwarzania danych pomiarowych w trójwymiarowej przestrzeni i ich fuzja na potrzeby bezstratnego kodowania ob-

razów, wieloczułnikową fuzję danych o różnej przestrzennej rozdzielczości z wykorzystaniem deterministycznych i stochastycznych metod ich przetwarzania na rekonstrukcję o wyższej jakości, wykorzystanie reprezentacji czasowo-częstotliwościowej do przetwarzania danych pomiarowych i ich praktyczną realizację za pomocą procesorów sygnałowych, metody identyfikacji parametrycznej statycznych i dynamicznych modeli złożonych obiektów wraz z ich praktycznym zastosowaniem w pomiarach właściwości układu oddechowego i krwionośnego człowieka, wykorzystanie metod sztucznej inteligencji do pozyskiwania informacji ilościowych i jakościowych z danych pomiarowych, projektowanie, opracowywanie i optymalizacja komputerowych systemów pomiarowych i informacyjnych do badań naukowych oraz procesów technologicznych, projektowanie i wykonywanie inteligentnych przyrządów pomiarowych z wykorzystaniem techniki mikroprocesorowej, opracowywanie systemów telemedycznych współpracujących z inteligentnym domem, nadzorujących bezpieczeństwo i stan zdrowia mieszkańców.

Prof. dr hab. inż. Janusz Mroczka jest autorem/współautorem 415 publikacji naukowych. W tej liczbie zawarte są publikacje z listy filadelfijskiej – 115, artykuły w czasopismach – 131, monografie i książki – 4, rozdziały w monografiach i książkach – 13, referaty konferencyjne – 145, w tym na konferencjach międzynarodowych – 64 oraz patenty i zgłoszenia patentowe – 8. Jego prace były dotychczas cytowane 853 razy (indeks h = 19).

Profesor Janusz Mroczka kierował 24 projektami badawczymi, zarówno krajowymi, jak i międzynarodowymi, w kolejnych czterech był głównym wykonawcą. Wyniki czterech projektów zostały wdrożone do praktycznego zastosowania.

Był nn recenzentem trzech doktoratów honoris causa (prof. A. Barella z Barcelony, prof. Z. Hotra ze Lwowa, prof. W. Woliński WAT Warszawa), 40 wniosków profesorskich, 1 recenzji wniosku profesorskiego za granicą (Preston, Anglia), 47 przewodów habilitacyjnych oraz 18 doktoratów. Profesor J. Mroczka był wielokrotnie zapraszany przez redakcje renomowanych wydawnictw polskich i zagranicznych do recenzowania zgłaszanych tam prac.

Zespół prof. J. Mroczki realizuje szereg wątków naukowych we współpracy z krajowymi i zagranicznymi ośrodkami naukowymi. Owocem wspólnych badań z tymi ośrodkami są wspólne publikacje oraz staże naukowe odbyte przez doktorantów i studentów.

OSIĄGNIĘCIA W ZAKRESIE OPIEKI NAUKOWEJ I DYDAKTYCZNEJ

Profesor dr hab. inż. Janusz Mrocza był w latach 1991–1996 dyrektorem Instytutu Metrologii Elektrycznej Politechniki Wrocławskiej, gdzie założył specjalność dydaktyczną *aparatura elektroniczna*. Jest ona do chwili obecnej bardzo popularna wśród studentów na kierunku *elektronika*, a w przypadku pracodawców, kuźnią młodych talentów poszukiwanych na rynku pracy.

W roku 1998 był inicjatorem i założycielem Katedry Metrologii Elektrycznej i Fotonicznej, którą kieruje do chwili obecnej. W tym okresie w istotny sposób rozwinął zaplecze i bazę aparaturową oraz podjął wiele wątków badawczych. W katedrze odbywają się stałe cotygodniowe seminaria naukowe, na których prezentowane są prace naukowe młodych pracowników, doktorantów i wyróżniających się studentów, którzy podczas studiów zgłaszają chęć realizacji pracy doktorskiej. Ta systematyczna wieloletnia praca z młodymi ludźmi umożliwiała zbudowanie zespołu badawczego z nowoczesną tematyką, a tym samym stworzyła warunki młodym uczonym na współpracę z różnymi ośrodkami zagranicznymi i krajowymi na zasadach partnerskich. Wypromował on 24 doktorów. Był opiekunem 8 habilitacji. Owocem tak zapoczątkowanej pracy stały się doktoraty co-tutelle prowadzone wspólnie z ośrodkami francuskimi. Istotnym jest, że prof. dr hab. inż. Janusz Mrocza był jednym z prekursorów zapoczątkowanych w latach 90. ubiegłego wieku doktoratów co-tutelle. Wypromowanie w ten sposób czterech doktoratów, wszystkich z wyróżnieniem, świadczy o umiejętności w poszukiwaniu warsztatu naukowego dla młodych ludzi na światowym poziomie.

Do najważniejszych osiągnięć Profesora J. Mroczy w działalności dydaktycznej należy zaliczyć utworzenie na Wydziale Elektroniki specjalności *aparatura elektroniczna* i konsekwentna jej modernizacja przez wiele lat. Profesor dbał także o aktualizację potrzeb potencjalnych absolwentów do rynku pracy.

Baza laboratoryjna procesu dydaktycznego Katedry Metrologii Elektrycznej i Fotonicznej to kolejny owoc wieloletniej pracy Profesora J. Mroczy i zespołu młodych ludzi, których skupił wokół siebie i których zachęcał do tworzenia zaplecza badawczego. Tak utworzona baza laboratoryjna jest ściśle związana z bazą naukową katedry. Umożliwia ona przyszłym doktorantom rozwijać swoje umiejętności w czasie procesu dydaktycznego na specjalno-

ści *aparatura elektroniczna*. Absolwenci tej specjalności są przygotowani do działań kreatywnych (projektanci, konsultanci) i menedżerskich (organizatorzy pracy), obsługi i serwisu aparatury elektronicznej o zastosowaniach powszechnego użytku, medycznych i przemysłowych. Zdobywana wiedza daje nie tylko podstawy teoretyczne, ale pozwala też na jej wykorzystanie w praktyce.

Zajęcia praktyczne dla studentów o specjalności *aparatura elektroniczna* odbywają się w jednym z pięciu laboratoriów „otwartych”:

- Laboratorium Miernictwa Elektronicznego,
- Laboratorium Fizycznych Podstaw Pomiaru połączone z Laboratorium Procesorów Sygnałowych,
- Laboratorium Optoelektroniki i Fotoniki,
- Laboratorium Mikrokontrolerów,
- Laboratorium Komputerowych Systemów Pomiarowych,

z których zainteresowani mogą również korzystać poza zajęciami obowiązkowymi.

Ta forma laboratoriów sprawdziła się w rozwijaniu zainteresowań naukowych studentów. W istotny sposób przyczyniła się ona do pozostawiania ich na uczelni celem kontynuacji pracy naukowej w ramach pracy doktorskiej. Przykładem tego są doktoraty wykonane pod kierunkiem Profesora J. Mroczki na Politechnice Opolskiej, jak i w innych ośrodkach naukowych. Tak skonstruowane zaplecze naukowo-dydaktyczne udostępniane jest również młodym osobom z zewnątrz, które przebywając na stażach naukowych rozwijają pod kierunkiem Profesora J. Mroczki swoje umiejętności, uzyskując kolejne stopnie naukowe. Przykładem mogą być dwie habilitacje (jedna zakończona w 2013 r. – dr hab. inż. P. Kisała, Lublin, a druga jest w trakcie opracowania). Rozwijaniu pasji naukowej sprzyja również współpraca ze znanymi firmami, dzięki czemu katedra uzyskuje wsparcie w zakresie wyposażenia laboratoriów.

Rozwijana przez Profesora J. Mroczkę działalność organizacyjno-dydaktyczna w katedrze, prowadzona wspólnie z młodymi wychowankami, ma na celu realizację następujących zadań:

- kształcenie i rozwijanie zainteresowań metrologicznych wśród studentów i doktorantów przez prowadzenie i kierowanie specjalnością dydaktyczną *aparatura elektroniczna* na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej,

- przygotowywanie pomocy dydaktycznych (skrypty, podręczniki, stanowiska laboratoryjne),
- inicjowanie i wykonywanie metrologicznych prac naukowych oraz współpraca z innymi uczelniami technicznymi i jednostkami PAN,
- współpraca z krajową służbą metrologiczną w zakresie wdrażania własnych osiągnięć naukowych, jak i propagowanie osiągnięć innych ośrodków krajowych i zagranicznych oraz prognozowanie rozwoju metrologii i jej roli w różnych dziedzinach wytwórczości,
- podejmowanie współpracy z ośrodkami zagranicznymi w procesie kształcenia (wspólne doktoraty), prowadzenie wspólnych grantów (wspólne publikacje), inicjowanie wspólnych międzynarodowych konferencji.

Tak zarysowane wątki pracy dydaktycznej pozwalają zauważyć, że perfekcyjna dbałość o proces dydaktyczny połączona jest z misterną dbałością o wychowanie młodych ludzi. Profesor Janusz Mroczka wychowany w surowej szkole etycznej pragnie tak zaszczerpione wartości przekazywać swoim wychowankom. Przykładem jest wykład „Mistrz i uczeń”, znany w wielu ośrodkach akademickich w kraju, pokazujący wizję Profesora J. Mroczki i paradygmat, jakim w procesie dydaktycznym się posługuje. Wykład ten, wygłoszony po raz pierwszy w sali senatu Politechniki Wrocławskiej, zdobył rozgłos w środowisku akademickim jako ten element, który mógłby odegrać istotną rolę w coraz to bardziej skomercjalizowanych uwarunkowaniach, w których dane jest młodym pokoleniom dorastać. Wykład był wygłoszony na zaproszenie m.in. w: Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie, Instytucie Immunologii i Terapii Doświadczalnej PAN im. L. Hirszfelda we Wrocławiu i szeregu innych środowiskach akademickich. Został on entuzjastycznie przyjęty zarówno przez starsze, jak i przez młode pokolenia. Możliwe to było dzięki umiejętnościom docierania do ludzi i entuzjazmowi, który emanował podczas jego prezentacji. Tak zarysowany proces popularyzacji procesu dydaktycznego w różnych środowiskach zostaje w pragmatyczny sposób udokumentowany kolejną inicjatywą, jaką są wydawane pod red. Profesora J. Mroczki książki pt. *Problemy metrologii elektronicznej i fotonicznej*. Są one zbiorem obszernych opracowań naukowych, których autorami są znane autorytety w tej dziedzinie w Polsce, cieszące się także dużym uznaniem za granicą. Tak przyjęta forma pozwala ukazać i propagować w szerokim gremium

naukowym najlepsze prace na stopień doktorski i habilitacyjny, dając tym samym wykładnię poziomu i sposobu prowadzenia badań naukowych. Ta seria ukazała się dotychczas w 8 tomach i stanowi bestseller w środowisku naukowym, w którym doskonali się sposób kształcenia młodych ludzi. Dbłość o dorobek naukowy młodych pokazał Profesor J. Mroczka poprzez poczynienie starań wprowadzenia na listę filadelfijską krajowego czasopisma „Metrology and Measurement Systems” wraz ze swoimi przyjaciółmi profesorami, z którymi dane mu było kierowanie Komitetem Metrologii i Aparatury Naukowej PAN.

ZASŁUGI DLA POLITECHNIKI OPOLSKIEJ I ŚRODOWISKA NAUKOWEGO

Prof. dr hab. inż. Janusz Mroczka rozpoczął pracę w Politechnice Opolskiej w 1997 roku na Wydziale Elektrotechniki i Automatyki. Prowadził wykłady z zakresu cyfrowego przetwarzania sygnałów, kładąc podwaliny samodzielnej grupy badawczej o tematyce związanej z zastosowaniem zaawansowanych metod cyfrowego przetwarzania sygnałów w szeroko pojętej elektrotechnice, elektronice i automatyce.

W 2000 roku Profesor Janusz Mroczka z dwoma wychowankami zainicjował powstanie w Opolu grupy zajmującej się cyfrowym przetwarzaniem sygnałów. Do zespołu w 2002 r. dołączył kolejny wychowanek Katedry Metrologii Elektronicznej i Fotonicznej Politechniki Wrocławskiej, a w roku 2006 magistrantka Profesora – absolwentka Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej.

Prace prowadzone w zespole zaowocowały obroną 4 doktoratów oraz 2 habilitacji.

Prace habilitacyjne to:

- Mirosław Szmajda, *Czasowo-częstotliwościowe metody klasy Cohena w badaniach zakłóceń występujących w sieciach elektroenergetycznych*, uzyskany stopień: doktor habilitowany nauk technicznych w zakresie elektrotechniki, specjalność: przetwarzanie sygnałów, data uzyskania stopnia doktora habilitowanego: 30/01/2014, **Politechnika Opolska**, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki,
- Jarosław Zygarlicki, *Metody Prony’ego oraz ich modyfikacje w zastosowaniach pomiarowych w elektrotechnice*, uzyskany stopień: doktor habilitowany nauk technicznych w zakresie elektrotechniki, specjalność: przetwarzanie sygnałów, data uzyskania stopnia doktora habilitowane-

go: 12/12/2013, **Politechnika Opolska**, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki.

Doktoraty to:

- Krzysztof Górecki, *Analiza zakłóceń stacjonarnych i niestacjonarnych metodą transformat Fouriera i falkowej w pomiarach jakości energii elektrycznej z wykorzystaniem procesora sygnałowego*, data uzyskania stopnia doktora: 19/05/2005, **Politechnika Opolska**, Wydział Elektrotechniki i Automatyki,
- Mirosław Szmajda, *Analiza czasowo-częstotliwościowa zakłóceń sygnałów w sieciach energetycznych metodą Prony'ego oraz przekształcenia Wignera-Ville'a w pomiarach jakości energii elektrycznej z wykorzystaniem procesora sygnałowego*, data uzyskania stopnia doktora: 19/05/2005, **Politechnika Opolska**, Wydział Elektrotechniki i Automatyki,
- Jarosław Zygarlicki, *Analiza i kompresja danych pomiarowych sygnału z sieci elektroenergetycznej dla potrzeb badania jakości energii*, data uzyskania stopnia doktora: 15/11/2007, **Politechnika Opolska**, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki,
- Małgorzata Zygarlicka, *Wybrane metody przetwarzania obrazów w analizach czasowo-częstotliwościowych na przykładzie zakłóceń w sieciach elektroenergetycznych*, data uzyskania stopnia doktora: 08/12/2011, **Politechnika Opolska**, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki.

Stypendia dla zespołu opolskiego w składzie: Mirosław Szmajda, Krzysztof Górecki, Jarosław Zygarlicki oraz Małgorzata Zygarlicka ufundowane w ramach Subsydium Profesorskiego Funduszu Nauki Polskiej, którego laureatem był prof. Janusz Mroczka. Okres realizacji: 2008–2009. Sumaryczna kwota stypendiów: 28 tys. zł.

Autorskie wykłady dla studentów:

- *Komputerowa analiza sygnałów i systemów*, **Politechnika Opolska**; Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, kierunek *informatyka*,
- *Podstawy metrologii*, **Politechnika Opolska**; Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki,
- *Systemy mikroprocesorowe i komputerowe*, **Politechnika Opolska**; Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, kierunek *elektronika i telekomunikacja*,
- *Przetwarzanie sygnałów*, **Politechnika Opolska**; Wydział Elektrotech-

niki, Automatyki i Informatyki, kierunek *automatyka i robotyka*,

- *Przetworniki i układy pomiarowe*, **Politechnika Opolska**; Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, kierunek *automatyka i robotyka*,
 - *Elektroniczne systemy pomiarowe*, **Politechnika Opolska**; Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, kierunek *elektronika i telekomunikacja*,
 - *Podstawy i algorytmy przetwarzania sygnałów*, **Politechnika Opolska**; Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, kierunek *elektronika i telekomunikacja*,
 - *Cyfrowe przetwarzanie sygnałów*, **Politechnika Opolska**; Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, kierunek *automatyka i robotyka*.
- Prace dyplomowe w Politechnice Opolskiej w liczbie 41.

Tematyka badawcza stworzonego przez prof. Janusza Mroczkę zespołu obejmuje cztery zasadnicze obszary:

- zastosowanie analiz czasowych, częstotliwościowych oraz czasowo-częstotliwościowych w badaniach jakości energii elektrycznej oraz zakłóceń występujących w sieciach elektroenergetycznych,
- pomiary zakłóceń oraz jakości energii elektrycznej,
- konstrukcję wbudowanego sprzętu pomiarowego opartego o nowoczesne jednostki obliczeniowe typu procesory aplikacyjne, procesory sygnałowe, układy FPGA oraz mikrokontrolery,
- zastosowanie zaawansowanych analiz cyfrowego przetwarzania sygnałów do badania sygnałów biomedycznych.

Głównym zagadnieniem badawczym zespołu było zastosowanie analiz cyfrowego przetwarzania sygnałów w badaniach przebiegu elektroenergetycznego. Prace koncentrowały się wokół poszukiwania zaawansowanych analiz cyfrowego przetwarzania, które często ze względu na swoją złożoność obliczeniową, nie były stosowane w tym obszarze naukowym. Wyróżnić można trzy zasadnicze kierunki badań: zastosowanie analiz częstotliwościowych, czasowo-częstotliwościowych oraz innych.

W ciągu kilkunastu lat istnienia zespół podejmował wiele inicjatyw naukowo-organizacyjnych. Opublikowanych zostało wiele artykułów w czasopismach o zasięgu międzynarodowym i krajowym, m.in.: IEEE Transactions on Power Delivery, Metrology and Measurement Systems, Energy Spectrum. Uczestniczono bądź kierowano 8 grantami. Uczestniczono w prestiżowych międzynarodowych konferencjach, m.in.: Interna-

tional Conference Electrical Power Quality and Utilisation, International Conference on Harmonics and Quality of Power, International Conference on Renewable Energies and Power Quality, International Scientific Conference – Electric Power Engineering.

Istotnym czynnikiem prac prowadzonych w zespole była współpraca z partnerami przemysłowymi. Obejmowała ona prace w zakresie konstrukcji sprzętu elektronicznego, implementacji algorytmów przetwarzania sygnałów w branży elektroenergetycznej oraz medycznej. Współpraca ta zaowocowała wykonaniem 8 ekspertyz oraz 30 zgłoszeń patentowych. Zrealizowano również osiem programów stażowych.

Członkowie zespołu uczestniczyli także w pracach Komitetu Metrologii i Aparatury Naukowej Polskiej Akademii Nauk oraz Komisji Elektroniki Polskiej Akademii Nauk.

Obecnie w zespole rozwija się kolejne pokolenie naukowców, zgromadzone wokół tematyki zainspirowanej przez Profesora Janusza Mroczkę, poszerzając ją o zagadnienia informatyczne w systemach wbudowanych oraz automatyki trakcji kolejowej.

PODSUMOWANIE

Profesor Janusz Mroczka jest wielkim realistą i pragmatykiem. Przez jego działalność naukową, jak i organizacyjną przewijał się wątek humanistyczny. Olbrzymi dystans do siebie jak i poczucie humoru pozwala mu zjednać zarówno starsze, jak i najmłodsze pokolenia. Jest szanowany i cieszy się wielkim uznaniem w społeczności akademickiej. Pomaga wszystkim, również tym o odmiennych przekonaniach światopoglądowych czy politycznych wierząc, że historia sprawiedliwie to wszystko oceni. Jest przeciwnikiem szybkich pochopnych ocen. Swoim młodym adeptom tłumaczy, że czas właściwej oceny jest długi, a niekiedy może dłuższy niż jedno życie. Jest tym, który wyzwala w swoich wychowankach wrażliwość aksjologiczną, przekazuje im doświadczenie życiowe, wykształca w nich jasność spojrzenia i myśli, a w szczególności obok spokojnej kontemplacji prawdy – niepokój jej poszukiwań. W swoim postępowaniu kieruje się przyjaznym współdziałaniem przy zachowaniu krytycyzmu i prawa do odrębności, niekiedy zgoda odmiennych poglądów. Z wielką troską odnosi się do kadry nauczającej i wychowującej na uczelniach, bowiem uważa, że to ona jest odpowiedzialna za stan i przyszłość polskiej nauki, a tym samym za rozwój

i odrębność polskiej kultury. Ogromny wpływ na środowisko nauki i rozwój poszczególnych osób ma liczba zawsze chętnie i życzliwie wykonywanych wnikliwych recenzji, konsultacji i indywidualnych porad. W licznych dyskusjach z najmłodszymi swoimi przyjaciółmi często podkreśla myśl, że koniecznym zmianom merytorycznym kształcenia powinny towarzyszyć odpowiednie zmiany organizacyjne w uczelniach. Często powtarza, że rozwój uczelni zależy przede wszystkim od ludzi. Jeżeli odpowiedni ludzie się pojawią, należy im wszelkimi siłami pomagać, ale i ustawiać poprzeczkę wymagań względem nich możliwie wysoko. Twierdzi, że rozwój polskiej nauki rodzi się na najniższych jej szczeblach organizacyjnych – katedrach. To on założył pierwszą po 1968 roku na Politechnice Wrocławskiej katedrę. Ma dar mówienia o trudnych sprawach w sposób bezpośredni.

Jest odważny. Współpraca z nim nie jest łatwa, bo trudno mu dotrzymać kroku. Wszystko co osiągnął, wypracował sam.

Jest bez reszty oddany uczelni, żyje jej życiem i z pokorą wobec niej. *Alma mater* oznacza dla niego miejsce, gdzie *universitas studiorum et studentium*.

Biorąc pod uwagę przedstawione osiągnięcia, popieram z całym przekonaniem inicjatywę Politechniki Opolskiej w sprawie nadania Profesorowi Januszowi Mroczce tytułu doktora honoris causa tej uczelni.

Warszawa, dn. 24 sierpnia 2016 r.



Doktor Honoris Causa



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

WYDZIAŁ ELEKTRONIKI,
TELEKOMUNIKACJI I INFORMATYKI

Katedra Systemów Mikroelektronicznych



Prof. dr hab. inż. Stanisław Szczepański

Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki

Politechnika Gdańska

OPINIA

**O DOROBKU NAUKOWYM I OSIĄGNIĘCIACH
PROF. ZW. DR. HAB. INŻ. JANUSZA MROCZKI,
CZŁ. KORESP. POLSKIEJ AKADEMII NAUK,
DOKTORA HONORIS CAUSA POLITECHNIKI LUBELSKIEJ,
W ZWIĄZKU ZE WSZCZĘCIEM POSTĘPOWANIA O NADANIE TYTUŁU
DOKTORA HONORIS CAUSA POLITECHNIKI OPOLSKIEJ**

WPROWADZENIE

Tytuł doktora honoris causa został ustanowiony w XV wieku na Uniwersytecie Oxford w Anglii. Zgodnie z wielowiekową tradycją akademicką, tytuł ten jest nadawany osobom w dowód uznania ich szczególnych zasług w dziedzinie nauki, kultury i działalności społecznej. Osoby proponowane do tej godności powinny wykazywać się wybitnymi osiągnięciami oraz wyróżniać się niekwestionowanym autorytetem i nienaganną postawą moralną nie tylko w swoim środowisku. W historii tytułu są laureaci, których dokonania przekroczyły granice krajów i kontynentów, stając się dziedzictwem światowym. Stąd wysoka międzynarodowa ranga i prestiż tego tytułu.

Decyzję o wyróżnieniu tym tytułem poprzedza zawsze szczegółowa analiza wagi i znaczenia zasług kandydata, jak również jego walorów etycznych. Pozytywna decyzja senatu uczelni jest podejmowana tylko w przypadkach nie budzących żadnych wątpliwości.

Doktor Honoris Causa

Niniejsza opinia dotyczy oceny dorobku naukowego i osiągnięć badawczych Profesora dr. hab. inż. Janusza Mroczi, członka korespondenta Polskiej Akademii Nauk, profesora zwyczajnego Politechniki Wrocławskiej, doktora honoris causa Politechniki Lubelskiej, w związku ze wszczęciem postępowania o nadanie godności doktora honoris causa Politechniki Opolskiej.

SYLWETKA KANDYDATA

Profesor Janusz Mrocza ukończył studia wyższe na Politechnice Wrocławskiej w zakresie elektroniki w roku 1976 i od tego czasu metrologia stała się jego specjalnością naukową, a także ważną pasją życiową. W roku 1980 na tej samej uczelni doktoryzował się w dyscyplinie elektroniki, a w 1991 roku otrzymał stopień naukowy doktora habilitowanego, również w zakresie elektroniki, na podstawie monografii pt. *Metrologiczne wykorzystywanie światła rozproszonego do badań rozkładu wielkości cząstek w roztworach dyspersyjnych*. Po pięciu latach, w 1996 roku otrzymał tytuł profesora nauk technicznych, a w 1999 roku stanowisko profesora zwyczajnego Politechniki Wrocławskiej.

Profesor Janusz Mrocza jest uznanym autorytetem naukowym, wybitnym specjalistą w zakresie elektroniki i metrologii. Jego obszerny dorobek publikacyjny jest znany i ceniony w kraju i za granicą. Środowisko akademickie z dużym uznaniem patrzy na stworzoną przez niego szkołę naukową. Uznanie budzą też osiągnięcia dydaktyczne Profesora Mroczi. Perfekcyjną dbałość o proces dydaktyczny zawsze łączy z dużą troską o wychowanie młodych ludzi. Sam, jak podkreśla w danych biograficznych, wychowany w surowej szkole etycznej, pragnie tak zaszczerpie wartości przekazać swoim wychowankom. Jego wyjątkowe uzdolnienia w wielu dziedzinach, lotność myślenia i duża otwartość w kontaktach cenione są przez młode pokolenie, które mogą zawsze liczyć na pomoc Profesora, obdarza go zaufaniem. Profesor ma znaczący wkład w rozwój młodej kadry naukowej w skali kraju, jest wychowawcą wielu polskich elektroników - metrologów.

W działalności naukowej i badawczej Profesora bardzo ważna i zasługująca na szczególną uwagę jest jego wieloletnia współpraca z Politechniką Opolską, gdzie między innymi od podstaw zorganizował prężny zespół naukowy, podejmujący badania w kilku istotnych obszarach tematycznych.

Wprowadził do programów nauczania na tej uczelni autorskie wykłady i seminaria naukowe dla doktorantów i habilitantów. Rozwijał zaawansowane badania o charakterze teoretycznym i aplikacyjnym, w szerokim zakresie zaktywizował współpracę uczelni ze środowiskiem przemysłowym, jak również przyczynił się do zbudowania nowoczesnej infrastruktury laboratoryjnej i badawczej. Na Politechnice Opolskiej Profesor Janusz Mrocza promował czterech doktorów – dwóch z nich po habilitacji objęło stanowiska profesorskie.

Profesor zawsze bardzo poważnie traktuje swoje obowiązki, nigdy się przed nimi nie uchyla, dążąc do realizacji wszystkich zadań w terminie. Stara się nie zawieść pokładanych w nim nadziei – tym bardziej, że w życiu ważne jest dla niego poczucie misji. Z takim przekonaniem traktował swoją wieloletnią działalność naukowo-badawczą i dydaktyczną na Politechnice Opolskiej.

W jednym z udzielonych wywiadów mówi też, że „*pracownik nauki powinien wykazywać entuzjazm w podejmowaniu tematyki naukowej, pasję w jej wykonywaniu – bezwzględną uczciwość w poszukiwaniu prawdy, odwagę w jej głoszeniu – bezinteresowność, duże poczucie obowiązku – otwartość i cierpliwość. Człowiek nauki powinien również godzić dumę z przynależności do wyższej uczelni z pokorą wobec celów, jakim służy – ambicję z auto-krytycyzmem – instynkt rywalizacji z umiejętnością współpracy – zazdrość z podziwem dla cudzych osiągnięć*”. Dla siebie jako motto drogi naukowej i dydaktyczno-wychowawczej znalazł jedną z myśli Matki Teresy z Kalkuty, którą przy różnych jego osobistych sukcesach dedykuje bliskim mu osobom.

DOROBK NAUKOWY

Profesor Janusz Mrocza jest profesorem zwyczajnym na Politechnice Wrocławskiej, członkiem Polskiej Akademii Nauk, doktorem honoris causa Politechniki Lubelskiej. Od początku swojej pracy zawodowej na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej wyróżnia się niezwykłą aktywnością i osiągnięciami w działalności naukowej i dydaktycznej, pełni też wiele ważnych funkcji w strukturach naukowych na uczelni i w kraju.

W latach 1991–1996 Profesor Janusz Mrocza był dyrektorem Instytutu Metrologii Elektrycznej na Politechnice Wrocławskiej, na tej samej uczelni od roku 1998 kieruje Katedrą Metrologii Elektrycznej i Fotonicznej, która

powstała z jego inicjatywy. W zespole katedralnym realizuje, wspólnie ze swoimi wychowankami, cele i zadania badawcze stawiane w obszarze nauk empirycznych. Dzięki wypracowaniu znaczącego potencjału badawczego i dorobku naukowego na poziomie wysokich standardów światowych, stworzona przez Profesora Janusza Mroczkę katedra postrzegana jest, w kraju i za granicą, jako uznana szkoła naukowa w zakresie metrologii elektronicznej i fotoniki.

Postęp naukowo-techniczny rodzi coraz nowsze wyzwania poznawcze. W aktywności wybitnego uczonego godnym podziwu jest rozległość obszaru jego zainteresowań naukowych i posiadanej wiedzy z takich dziedzin, dyscyplin i specjalności jak: elektronika, optoelektronika, metrologia, fizyka ciała stałego, matematyka, filozofia, medycyna i inżynieria biomedyczna. Doskonałe przygotowanie interdyscyplinarne pozwala mu na realizację, również w zespołach, które tworzy, szeregu złożonych problemów naukowych. Stąd też, w obszarze uprawianej dyscypliny elektroniki-metrologii, tematyka prac badawczych prowadzonych przez Profesora Janusza Mroczkę jest wyraźnie zróżnicowana. Podejmowana tematyka, wpisując się w klasyczny schemat matematyczno-empirycznego paradygmatu poznawczego, obejmuje ważne i aktualne zagadnienia naukowe:

- metodologię obserwacji i eksperymentu,
- algorytmizację problemu odwrotnego,
- modelowanie matematyczne pól fizycznych i ich praktyczną realizację metodami tomografii optycznej i impedancyjnej,
- kompleksowe modelowanie dynamicznych obiektów technicznych i biomedycznych z uwzględnieniem parametrów skupionych i rozłożonych, analizę spektralną i polaryzacyjną promieniowania rozproszonego w układach dyspersyjnych i ich praktyczne wykorzystanie w ocenie właściwości materiałów kompozytowych,
- metody obrazowania optycznego i przetwarzania danych pomiarowych w trójwymiarowej przestrzeni i ich fuzja na potrzeby bezstratnego kodowania obrazów,
- wieloczułnikową fuzję danych o różnej przestrzennej rozdzielczości z wykorzystaniem deterministycznych i stochastycznych metod ich przetwarzania na rekonstrukcje o wyższej jakości.

W kolejnej grupie tematów badawczych Profesor zajął się:

- wykorzystaniem reprezentacji czasowo-częstotliwościowej do przetwarzania danych pomiarowych i ich realizację za pomocą procesorów sygnałowych,
- metodami identyfikacji parametrycznej statycznych i dynamicznych modeli złożonych obiektów, wraz z ich praktycznym zastosowaniem w pomiarach właściwości układu oddechowego i krwionośnego człowieka,
- wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji do pozyskania informacji ilościowych i jakościowych z danych pomiarowych,
- projektowaniem, opracowaniem i optymalizacją komputerowych systemów pomiarowych i informacyjnych do badań naukowych oraz procesów technologicznych, projektowaniem i wykonaniem inteligentnych przyrządów pomiarowych z wykorzystaniem techniki mikroprocesorowej,
- opracowaniem systemów telemedycznych współpracujących z inteligentnym domem, nadzorującym bezpieczeństwo i stan zdrowia mieszkańców.

Dorobek naukowy Profesora Janusza Mroczi jest bardzo bogaty i obejmuje wiele imponujących osiągnięć. Jest on autorem łącznie 415 publikacji. W tym 115 prac opublikował w czasopismach indeksowanych w Journal Citation Reports (JCR), 131 artykułów w czasopismach recenzowanych, 4 monografie i książki, 13 rozdziałów w monografiach i książkach, 145 referaty na konferencjach, w tym 64 na konferencjach międzynarodowych, 8 patentów. Liczba cytowanych prac wynosi 844 z wysokim indeksem Hirscha $h = 19$ wg Scopus.

Był kierownikiem 24 projektów badawczych, w tym zrealizował: 11 projektów badawczych własnych, 1 projekt celowy, 1 projekt rozwojowy, 8 projektów promotorskich i 7 projektów międzynarodowych. W 4 projektach badawczych brał udział jako główny wykonawca. Wyniki badań 4 projektów zostały wdrożone do praktycznego stosowania. Profesor jest stałym recenzentem wielu wydawnictw renomowanych czasopism krajowych i zagranicznych. Opracował również liczne recenzje monografii i książek naukowych.

Profesor Janusz Mrocza za działalność naukowo-badawczą i dydaktyczną otrzymał wiele wyróżnień i prestiżowych nagród, między innymi ponad 30 nagród JM Rektora Politechniki Wrocławskiej. Otrzymał również

nagrodę indywidualną II stopnia MEN (1989), Nagrodę Wydziału IV PAN (1993) oraz Subsydium Profesorskie Fundacji na rzecz Nauki Polskiej za rok 2005. Wyróżniony był Nagrodą *Professor Opollensis* (2014), Nagrodą Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za wybitne osiągnięcia w opiece naukowej i dydaktycznej (2014) oraz Nagrodą Prezesa PAN za stworzenie szkoły naukowej w zakresie metrologii elektronicznej i fotonicznej wraz z cykliczną serią wydawniczą „Problemy metrologii elektronicznej i fotonicznej” oraz czasopismem specjalistycznym indeksowanym w JCR „Metrology and Measurement Systems” (2015). Otrzymał również Nagrodę Naukową im. prof. Mariana Suskiego, Złotą Odznakę Politechniki Wrocławskiej z Brylantem, Medal im. prof. Kazimierza Idaszewskiego oraz Medal im. Prof. Włodzimierza Krukowskiego. Jest odznaczony Krzyżem Oficerskim Orderu Odrodzenia Polski, Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski, Złotym, Srebrnym i Brązowym Krzyżem Zasługi oraz Medalem Komisji Edukacji Narodowej.

DOROBEK DYDAKTYCZNY

Dorobek Profesora Janusza Mroczi, w zakresie rozwoju kadry naukowej, zasługuje na szczególnie wysoką ocenę i uznanie. W swojej działalności dydaktycznej i wychowawczej zawsze priorytetowo widzi problemy i potrzeby młodych pracowników nauki. Jego zaangażowanie i ogromny wkład pracy na tym polu zostało docenione i nagrodzone przez Fundację Nauki Polskiej w roku 2005 prestiżowym Subsydium Profesorskim „Mistrz”, przeznaczonym na przeprowadzenie zaawansowanych badań pt. *Metrologiczne uwarunkowania fotonicznych metod analizy spektralnej i polaryzacyjnej promieniowania rozproszonego w układach dyspersyjnych*.

Profesor relację mistrz – uczeń autorsko formułuje w następujących słowach: „*To relacja opierająca się na otwartości, wzajemnym zaufaniu i dobrowolności. Mistrz musi respektować godność, podmiotowość i autonomię ucznia, szanować jego prawo do swobodnej opinii na tematy naukowe. Mistrz powinien umieć odnosić się krytycznie i artykułować swoje uwagi tak, aby uczeń nie odbierał ich jako nagany, ale jako sposobność zrozumienia i pójścia krok do przodu. Nauka może rozwijać się tylko wtedy, kiedy ma miejsce rzeczywista ocena rezultatów, a nie kamuflaż i lobowanie sztuczności*”

Kształcenie młodej kadry to również dbałość o wykazywanie właściwych postaw moralnych i przestrzeganie wysokich norm etycznych w rela-

cjach pomiędzy naukowcami. Profesor temu celowi poświęcił wiele uwagi w swoich licznych wykładach i referatach seminaryjnych, między innymi w specjalnym wykładzie „Mistrz i uczeń”, wygłoszonym po raz pierwszy przed senatem Politechniki Wrocławskiej, a następnie w Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie oraz w Instytucie Immunologii i Terapii Doświadczalnej im. L. Hirszfelda PAN w roku 2011. Problemy te są również przedmiotem rozważań w referacie pt. „Proces poznawczy w naukach empirycznych” wygłoszonym w Politechnice Lubelskiej, w ramach seminariów naukowych pt. *International Seminars on Computer Science*, związanych z realizacją projektu Unii Europejskiej *Ab-solwent na miarę czasu*. Wykłady te były prezentowane wielokrotnie w innych ośrodkach akademickich i naukowych, zawsze wzbudzając ogromne zainteresowanie wśród słuchaczy.

Profesor Janusz Mrocza wypromował łącznie 24 doktorów, w tym cztery doktoraty *co-tutelle* we Francji, sprawował opiekę naukową nad 8 habilitantami, opracował trzy recenzje doktoratów *honoris causa* (prof. A. Barella z Barcelony, prof. Z. Hotra ze Lwowa, prof. W. Wolińskiego z Politechniki Warszawskiej), 40 recenzji wniosków profesorskich, 47 recenzji w przewodach habilitacyjnych oraz 18 recenzji rozpraw doktorskich.

Te imponujące osiągnięcia ujawniają wyjątkową zdolność dostrzegania problemów badawczych, a także umiejętność tworzenia warunków i atmosfery mobilizującej młodych ludzi do twórczej pracy. Są też wynikiem systematycznej wieloletniej pracy Profesora z młodymi ludźmi, co pozwoliło na zbudowanie zespołu badawczego z nowoczesną tematyką, a tym samym umożliwiło młodym uczynom współpracę z renomowanymi ośrodkami krajowymi i zagranicznymi na zasadach partnerskich. Owo-cem tak zapoczątkowanej pracy stały się doktoraty *co-tutelle*, prowadzone wspólnie z ośrodkami francuskimi. Profesor Janusz Mrocza był jednym z prekursorów tej formy współpracy międzynarodowej. Wypromowanie 4 doktorów *co-tutelle*, wszystkich z wyróżnieniem, świadczy również o umiejętności w poszukiwaniu warsztatu naukowego dla młodych na światowym poziomie, a w szczególności o konsekwentnej pracy u podstaw z doktorantami, których przygotowywał już od pierwszych lat studiów.

Bardzo dobre opanowanie warsztatu naukowego umożliwia wychowan-kom Profesora późniejsze, samodzielne rozwijanie twórczej kariery nauko-wej. Za osiągnięcia naukowe dwóch uczniów Profesora Janusza Mroczi

Doktor Honoris Causa

otrzymało stypendium Fundacji Nauki Polskiej – „*Nobel dla młodych*”, jeden z nich został wyróżniony Nagrodą Wydziału IV PAN, a 17 obroniło z wyróżnieniem prace doktorskie, w tym we Francji czterech z 7 wychowanków jest już po habilitacji samodzielными pracownikami naukowymi.

ZASŁUGI DLA POLITECHNIKI OPOLSKIEJ I ŚRODOWISKA NAUKOWEGO

Profesor Janusz Mroczka rozpoczął swoją pracę na Politechnice Opolskiej w 1997 roku na Wydziale Elektrotechniki i Automatyki. W początkowym okresie swojej działalności prowadził wykłady dydaktyczne z zakresu cyfrowego przetwarzania sygnałów, kładąc podwaliny samodzielnej grupy badawczej o tematyce związanej z zastosowaniem zaawansowanych metod cyfrowego przetwarzania sygnałów w szeroko pojętej elektrotechnice, elektronice, automatyce i inżynierii biomedycznej. Tematyka badawcza stworzonego przez Profesora zespołu obejmowała cztery zasadnicze obszary:

- zastosowanie analiz czasowych, częstotliwościowych oraz czasowo-częstotliwościowych w badaniach energii elektrycznej oraz zakłóceń występujących w sieciach elektroenergetycznych,
- pomiary zakłóceń oraz ocena jakości energii elektrycznej,
- projektowanie i konstrukcja wbudowanego sprzętu pomiarowego opartego o nowoczesne jednostki obliczeniowe (procesory sygnałowe, układy programowalne typu FPGA oraz mikrokontrolery),
- zastosowanie zaawansowanych metod analizy cyfrowego przetwarzania sygnałów do badania sygnałów biomedycznych.

W głównym nurcie aktywności naukowej zespołu znalazły się prace nad zastosowaniami zaawansowanych metod cyfrowego przetwarzania sygnałów w badaniach przebiegów elektroenergetycznych. Stosując nowatorskie opracowania w zakresie metod modelowania i analizy, przeprowadzono istotne badania w kierunku wyznaczania parametrów jakości energii elektrycznej. Równolegle wykonano ważne prace dotyczące problemów detekcji i lokalizacji zakłóceń w sygnale elektroenergetycznym. Opracowano algorytmy informatyczne, umożliwiające implementację metod w pomiarowych systemach wbudowanych o ograniczonych zasobach sprzętowych, optymalizowanych pod kątem zastosowania procesorów sygnałowych DSP. Rezultaty uzyskane z przeprowadzonych przez zespół badań mają duże znaczenie praktyczne, m.in. umożliwiły dokładniejsze diagnozowanie i planowanie zabezpieczeń sieci elektroenergetycznej, uwzględniając zmie-

niającą się specyfikę (np. zwiększoną wrażliwość na zakłócenia) nowoczesnych generacji urządzeń. Na podkreślenie zasługuje fakt, że dużą część badań naukowych zrealizowano w ramach 8 projektów badawczych, którymi Profesor Janusz Mroczka kierował bądź uczestniczył w ich realizacji.

Ponadto prace prowadzone w zespole zaowocowały obroną czterech doktoratów oraz dwóch zakończonych habilitacji. Najważniejsze rezultaty z przeprowadzonych badań zostały opublikowane w czasopismach o zasięgu międzynarodowym, indeksowanych w JCR, m.in. IEEE Transactions on Power Delivery, Metrology and Measurement Systems, Energy Spectrum. Uzyskane wyniki prezentowano również na wysokiej rangi międzynarodowych konferencjach naukowych, takich jak: International Conference Electrical Power Quality and Utilisation, International Conference on Harmonics and Quality of Power, International Conference on Renewable Energis and Power Quality, Internatinal Scientific Conference–Electrical Power Engineering.

Ważnym czynnikiem prac prowadzonych w zespole była współpraca z partnerami z przemysłu. Obejmowała ona prace w zakresie specjalistycznych konstrukcji sprzętu elektronicznego, implementacji algorytmów przetwarzania sygnałów, z uwzględnieniem specyficznych wymagań dla branży elektroenergetycznej oraz medycznej. Współpraca zaowocowała wykonaniem 8 ekspertyz dla przemysłu oraz opracowaniem 30 zgłoszeń patentowych. Realizowano cenne dla zwiększenia kompetencji zawodowych programy stażowe w przemyśle – łącznie 8.

Na podkreślenie zasługuje też fakt, że członkowie zespołu jako wybitni specjaliści uczestniczą w pracach Komitetu Metrologii i Aparatury Naukowej Polskiej Akademii Nauk oraz Komisji Elektroniki Polskiej Akademii Nauk. Obecnie w zespole rozwija się kolejne pokolenie naukowców, zgromadzone wokół tematyki zainspirowanej przez Profesora Janusza Mroczkę, poszerzając ją między innymi o zagadnienia informatyczne w systemach wbudowanych oraz automatyki trakcji kolejowej.

Profesor Janusz Mroczka, pomimo olbrzymiego zaangażowania w działalność naukową i wielu obowiązków dydaktycznych jest bardzo aktywny w pracach organizacyjnych na rzecz środowiska naukowego w kraju i za granicą. Jest członkiem wielu prestiżowych organizacji akademickich i naukowych zarówno krajowych, jak i międzynarodowych:

- członek korespondent Polskiej Akademii Nauk (od 2010 r.),

- członek Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów (od 2013 r.),
- założyciel i kierownik Katedry Metrologii Elektronicznej i Fotonicznej Politechniki Wrocławskiej (od 1998 r.),
- dyrektor Instytutu Metrologii Elektrycznej Politechniki Wrocławskiej (1991–1996 r.),
- stały członek SPIE – The International Society for Optical Engineering (od 1992 r.),
- członek International Technical Working Group on Penetrating Radiation, USA (od 1994 r.),
- członek Komitetu Metrologii i Aparatury Naukowej PAN (od 1993 r.), gdzie w latach 2001–2007 pełnił funkcję wiceprzewodniczącego Komitetu, a od roku 2007 jest przewodniczącym Komitetu,
- członek stały Polskiego Towarzystwa Fizycznego (od 1986 r.),
- członek Sekcji Miernictwo Interdyscyplinarne KBN (10 konkursów),
- Przewodniczący Sekcji Miernictwo Interdyscyplinarne KBN (5 konkursów),
- członek Senatu Politechniki Wrocławskiej (1999–2005 r.),
- członek wielu komisji na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej.

Profesor Janusz Mroczka realizuje szereg badań naukowych we współpracy z zagranicznymi ośrodkami naukowymi. Owocem osobistych kontaktów Profesora i badań prowadzonych w zespołach międzynarodowych są wspólne publikacje oraz staże naukowe odbyte przez doktorantów i studentów. Współpraca ta dotyczy następujących ośrodków zagranicznych:

- Institut National des Sciences Appliquées, Rouen, Francja,
- Department of Engineering and Product Design, University of Central Lancashire, Preston, Wielka Brytania,
- Institut Universitaire des Systemes Thermiques Industriels, Marsylia, Francja,
- Department of Biomedical Engineering, Boston University, Boston, USA,
- Auckland Bioengineering Institute, The University of Auckland, Nowa Zelandia,
- Department of Electrical Engineering Systems and Automation, Gent University, Belgia,
- Dipartimento di Ingegneria Dell' Innovazione, University of Salento, Lecce, Włochy,

oraz utrzymuje kontakty naukowe z:

- Centre for Modelling and Information in Medecine, City University, Londyn, Wielka Brytania,
- Dipartimento de Electronica e Informatica, Univrsity of Padova, Padwa, Włochy,
- Royal Brompton National Heart and Lung Hospital, Londyn, Wielka Brytania,
- Physiologie Respiratoire et Sportive, Hospital Charles Nicolle, Rouen, Francja.

Profesor wraz z grupą swoich wychowanków i doktorantów aktywnie uczestniczy w organizacji konferencji naukowych, w tym *Kongresu Metrologii* odbywającego się w cyklu 3-letnim, konferencji *Metrologia Wspierana Komputerowo* odbywającej się w cyklu 2-letnim, symposium *Modelowanie i Pomiary w Medycynie* odbywającego się w cyklu 2-letnim.

WNIOSEK KOŃCOWY

Profesor Janusz Mroczka to uczony wielkiego formatu, wybitny autorytet i specjalista w zakresie elektroniki i metrologii. W badaniach, wykorzystując swój niewątpliwy talent i zdolności, z wytrwałością i konsekwencją potrafi dążyć do postawionego celu. Spotykane trudności i przeciwności nie zniechęcają go, a mobilizują do większego wysiłku. Nauczony w młodości przestrzegania wysokich norm uczciwości i rzetelności, nie schodzi z tej drogi nie tylko w naukowej działalności, ale i w życiu. W swoich dociekaniach poznawczych, a w szczególności odnoszących się do jego „ukochanej” metrologii, zawsze chętnie stosuje możliwości empirycznej weryfikacji obserwacji i jej matematycznej formy.

Poprzez umiejętne łączenie obserwacji z dogłębną wiedzą i doświadczeniem, wielowątkowa działalność naukowo-badawcza Profesora zaowocowała nie tylko bogatym dorobkiem naukowym, ponad 400 pozycji, ale i uzyskaniem wyników, mających duże znaczenie teoretyczne i aplikacyjne. Tak uprawiana tematyka naukowo-badawcza jest bardzo aktualna, także w wymiarze międzynarodowym.

Jestem głęboko przekonany, że pozycja i uznanie jakie Profesor Janusz Mroczka osiągnął w środowisku naukowym zarówno krajowym, jak i zagranicznym, imponujące osiągnięcia w działalności naukowej oraz dydak-

tyczno-wychowawczej i społecznej, i jego walory etyczne, w pełni uzasadniają intencję senatu Politechniki Opolskiej wyróżnienia go godnością doktora honoris causa tej Uczelni.

Gdańsk, 08.09.2016

Stanisław Szepiński

PODZIĘKOWANIE

Zgłębokim wzruszeniem oraz pełną wdzięcznością radością pragnę podziękować za otrzymaną godność, która jest dla mnie wielkim darem wspólnoty akademickiej Politechniki Opolskiej.

Magnificencjo, Panie Rektorze, na Pańskie ręce składam podziękowania dla całej wspólnoty; Wysokiemu Senatowi Politechniki Opolskiej dziękuję za przychylność dla procedury przewodu i uchwałę nadającą mi tytuł doktora honoris causa. Dziękuję Panu Profesorowi Krzysztofowi Latawcowi za podjęcie się roli Promotora w honorowym przewodzie. Panom Profesorom: Stanisławowi Szczepańskiemu z Politechniki Gdańskiej, Zbigniewowi Bieleckiemu z Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie za wsparcie swoimi przychylnymi recenzjami. Radzie Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki za zainicjowanie nadania mi tej godności.

Pozwolę sobie w tym miejscu wyrazić moją wdzięczność tym nielicznym, spośród bardzo wielu. W pierwszej kolejności zwracam się do mojej Małżonki, Ewy, która jest mi najbliższym przyjacielem i towarzyszką życia w najlepszych, ale i najtrudniejszych sytuacjach życiowych, do moich dzieci, Wojciecha, Justyny i Rafała, którzy w największym stopniu uczestniczyli w „kosztach” moich sukcesów życiowych i za to, że byli współtwórcami nie tylko dzisiejszego mojego wyróżnienia. To Wasza wyrozumiałość i miłość pozwoliły mi żyć nauką. Za Waszą wspierałość dla mojej egoistycznej izolacji od Was najserdeczniej przepraszam, a za okazaną pomoc i Wasze wyrzeczenia dla mnie z całego serca dziękuję. Bez Waszej wyrozumiałości, cierpliwości i miłości nie byłoby mnie tutaj dzisiaj. Nie sposób w tym miejscu nie wspomnieć moich Rodziców, którzy dali mi życie, i od najmłodszych lat zaszczepiali podstawowe cechy moralności, które sprzyjały mojemu rozwojowi. Przygotowanie do samodzielnego życia i ukształtowanie mojej osobowości zawdzięczam nie tylko Rodzicom, ale również nauczycielom, zwłaszcza z Liceum Ogólnokształcącego im. Władysława Jagiełły w Dębicy. Z pełnym uznaniem i wdzięcznością wspominam moich nauczycieli i wychowawców. Byli to ludzie dobrze przygotowani do pracy pedagogicznej. Nie kierowali się panującą modą na określone tematy (społeczne, polityczne, itp.). Osobowość moich nauczycieli harmonizowała z deontologią typową dla przedstawicieli środowisk niepodległościowych. W swojej aktywności zawodowej dawali wyraz przeświadczeniu, że zawód nauczyciela zobowiązuje ich do realizacji wzniosłych norm moralnych. Swoją pracę traktowali

Doktor Honoris Causa

jako misję, którą spełniają wobec niezależności polskiej kultury. Dbalością o te ideały i stanowczością głoszonych tez, obowiązkowością, systematycznością, gorliwością kształtowali nasze osobowości. Życiem wypełnionym czynem tworzyli surową szkołę moralną, a Ich szlachetność, inteligencja, odwaga uczyła nas pokory i poszanowania dla pracy i drugiego człowieka.

To życzliwość społeczności akademickiej Politechniki Opolskiej, nadając mi ten tytuł przyjęła mnie do swojej wspólnoty i grona doktorów honoris causa tej uczelni. Los tak zrzędził, że to dzisiaj dane jest mi świętować te szczególne dla mnie chwile wraz z gronem społeczności Politechniki Opolskiej obchodzącej swoje pięćdziesięciolecie powstania. Z tej okazji Święta Uczelni składam najlepsze życzenia całej społeczności akademickiej Uczelni, życząc dalszych sukcesów naukowych i osiągnięć na różnych płaszczyznach działalności akademickiej. To, co dane mi było zaobserwować, przyjeżdżając do Opola w minionych dwudziestu latach, to ofensywna, odważna i zorientowana na przyszłość i młodość strategia Waszej i mojej Alma Mater.

Jestem niezwykle wdzięczny za to wyróżnienie. Moje słowa podziękowania wiążę ze zobowiązaniem służenia Waszej i dalej mojej Alma Mater w jej rozwoju i aspiracjach.

Serdecznie dziękuję dostojnym gościom, którzy zaszczytili swoją obecnością tę uroczystość. Dziękuję przedstawicielom środowiska akademickiego z kraju, przedstawicielom Polskiej Akademii Nauk, członkom Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów, moim przełożonym z Politechniki Wrocławskiej, a w szczególności moim współpracownikom z Katedry Metrologii Elektronicznej i Fotonicznej Politechniki Wrocławskiej.

Moją osobowość ukształtowały różne interakcje z różnymi ludźmi, od wielu z nich czerpałem wiedzę, od innych doświadczenie życiowe, od innych poczucie humoru i sposób dystansowania się od siebie. Nie sposób wymienić tego, co obcowanie z drugim człowiekiem daje każdemu z nas. Dzisiaj mogę powiedzieć, że to oni są tymi anonimowymi współautorami mojego sukcesu.

Bądźcie pewni, że tak jak Wy tu dzisiaj obecni łączycie się ze wzruszeniem, które mi towarzyszy, tak ja w chwilach dla Was podobnych będę z Wami.

To przecież oczywiste, że ludzie bliscy są sobie naturą.

Czuję się człowiekiem szczęśliwym i spełnionym, bo to co mnie spotkało, przeżywam w gronie moich przyjaciół i osób mi bliskich.

Janusz Mroczka



Proces poznawczy w metrologii

Janusz Mroczka

1. WPROWADZENIE

*Zawsze najbardziej przyciąga naszą ciekawość to,
co znajduje się poza granicą naszej wiedzy.*

(M. Heller)

Pomiary praktyczne używane są od tysięcy lat. Celem ich jest ustalenie wartości właściwości realnych obiektów podlegających porównaniu i wymianie. W tym celu właściwości te porównuje się z właściwościami przyjętych wzorców, ustala się granice, w których właściwości te leżą na skutek błędów pomiarowych. Pomiary praktyczne obejmują więc przyjęcie wzorców, porównanie ich właściwości z właściwościami obiektów badanych, ustalenie prawdopodobnych granic popełnianych przy tym błędów i metody ich liczenia.

Pomiary stanowiły podstawę rozrachunków międzyludzkich i tak wrażały w nasze praktyczne życie, że nie widzieliśmy potrzeby tworzenia ich ogólnej nadbudowy teoretycznej, a tym samym rozwiązywania problemów podstawowych nauki o mierzeniu. Nie można chyba zapomnieć o tej nagromadzonej wielopokoleniowej wiedzy empirycznej miernictwa.

Nauka o pomiarach, metrologia, musi spełniać nieco inne zadania. Jak każda nauka zajmuje się nie obiektami materialnymi, lecz abstrakcjami obejmującymi całe klasy właściwości obiektów. Metrologia jest nauką stosunkowo młodą, rodzącą się na naszych oczach. Jej istotą jest teoretyczne, głównie matematyczne, ustalenie zasad całego miernictwa, bez ograniczenia się do opisu konkretnych jego części [1–5].

Jesteśmy w XXI wieku, gdzie technika i technologia oparte będą również na przepływie informacji, a nie jak dotąd, tylko energii. Ta jakościowa zmiana pociąga za sobą rzeczową i metodologiczną zmianę w wielu naukach. Jakościowa i ilościowa zmiana dopływającej informacji z otaczającego nas świata w nowym świetle stawia dotychczasowe problemy oraz wymusza tworzenie nowych koncepcji. Te nowe sytuacje wymagają rozwoju badań o charakterze interdyscyplinarnym. Do takich należy metrologia.

Życie codzienne uświadamia nam, że otacza nas świat realny, materialny, od nas niezależny, który jest dla nas obiektem poznania. Nasza świadomość odwzorowuje ten świat w postaci słów i zdań, obrazów, liczb i tym podobnych abstrakcji stworzonych przez nas samych, jako odbiorców procesu po-

Doktor Honoris Causa

znawczego. Ten fakt uświadamia nam, że musi istnieć ogniwo, tłumaczące materialną rzeczywistość na abstrakcję obrazów naszej świadomości.

Metodami poznawczymi mogą być obserwacje życia codziennego, w których zmysły wyzyskane są jako środki poznania. To my jesteśmy zespołem narzędzi poznania, jak i odbiorcą wyników ich pracy. Ten dualizm ukazuje nam słabość bezpośredniej obserwacji jako metody poznawczej, ponieważ wyniki jej zależą w istotny sposób od indywidualnych cech obserwatora.

Metrologia należy do nauk poznawczych, stworzonych w celu uzyskania w świadomości człowieka obrazu otaczającego go świata. Jak w każdej gałęzi nauki, proces poznawczy przebiega co najmniej przez dwa ogniwa: przedmiot poznania i odbiorcę wyników procesu poznawczego. Przedmiotem poznania jest otaczający nas świat zbudowany z rzeczy martwych i wypełniony istotami żywymi. Na podstawie doświadczenia życia codziennego przyjmujemy, że świat ten jest realny, od nas niezależny.

Chwilowym stanom rzeczy i istot odpowiadają określone stany energetyczne otaczających je pól elektrycznych, cieplnych, optycznych i innych. W procesie poznawczym czerpiemy informacje o obiektach tego świata za pomocą sygnałów powstających przy zmianach tych pól [6–9].

Często w rozważaniach pojawia się pytanie: jakie metody i środki i kiedy mogą być wykorzystane do tworzenia naukowego poglądu na świat? Nauka jest to zbiór twierdzeń prawdziwych lub aktualnie powszechnie za prawdziwe uważanych, sprawdzonych doświadczalnie. Czy więc wyniki obserwacji bezpośredniej spełniają warunek powszechności, czy sprawdzalności doświadczalnej? Nie możemy udowodnić prawdziwości naszych poglądów na świat; możemy jedynie przyjąć aktualnie najprawdopodobniejszy stan ich interpretacji.

Metrologia w procesie swojego ciągłego rozwoju odkrywa nowe problemy pomiarowe, a nawet nieznane dotychczas zagadnienia poznawcze. Każde takie odkrycie prowadzi do powstania nowego kierunku. Oprócz tradycyjnych działów metrologii jak: podstawy metrologii, wzorce, metody pomiarowe, obróbka danych pomiarowych w celu znajdowania błędów, pojawiają się działy nowe jak: miernictwo stochastyczne, rozpoznawanie obrazów, technika systemów pomiarowych i wiele innych. Szczególne zainteresowania i doświadczenia autora obejmują metody nieinwazyjnej metrologii optycznej, fotonicznej i nanometrologii obiektów złożonych, w tym m.in. problematykę pomiarów wielkości cząstek ośrodków dyspersyj-

nych metodami optycznymi [10–17], w tym hybrydowe metody w opisie transmitancji światła w warunkach rozproszenia wielokrotnego dla monodispersyjnego rozkładu wielkości cząstek [18, 19] oraz metody inwersyjne wykorzystujące sztuczną sieć neuronową w turbidymetrii spektralnej [20], wykorzystanie spektralnych i polaryzacyjnych właściwości laserowego promieniowania rozproszonego w nieinwazyjnym badaniu materiałów kompozytowych [21–23], nieinwazyjną diagnostykę parametrów optycznych i właściwości rozproszeniowych pełnej krwi i erytrocytów [24], modelowania matematycznego rozproszenia światła przez cząstki niesferyczne i ich agregaty [25–27], modelowania i symulacji matematycznych przepływów wielofazowych, modelowania matematycznego trójwiązkowej anemometrii dopplerowskiej w określaniu położenia i prędkości cząstek w ośrodkach wielofazowych [28], a także nieinwazyjny pomiar *in situ* średnicy homogenicznych i niehomogenicznych, przezroczystych włókien wykorzystywanych m.in. w materiałach kompozytowych i jako światłowody telekomunikacyjne i pomiarowe [29–31].

Ten proces wewnętrznego zróżnicowania się metrologii sprawia wrażenie, że metrologia jako całość nie istnieje. Taki sposób postrzegania jest powierzchowny. Metrologia nie tylko różnicuje się i specjalizuje, ale również integruje poszczególne wąsko wyspecjalizowane swoje działy w ramach koncepcji ogólniejszych. Wynika to stąd, że za bardziej szczegółową analizą rzeczywistości postępuje pełniejsza synteza pojęciowa. Fakt ten umacnia charakter poznawczy metrologii.

Istotnym w metrologii jest to, że modele fizyczny i matematyczny są tylko hipotezami tak długo, aż zostaną zweryfikowane doświadczalnie, co ostatecznie dokonywane jest za pomocą pomiarów; wtedy stają się twierdzeniami i prawami. W swoim procesie poznawczym metrologia posługuje się analizą i syntezą w dziedzinie abstrakcji na obrazach rzeczywistości wyrażonych przez modele fizyczny i matematyczny. To właśnie na tych modelach zauważamy przykłady analogii „formalnych” między różnymi od strony zjawiskowej zagadnieniami, a podobnymi od strony pojęciowej.

Taki sposób myślenia leży u podstaw działalności metrologii, w której zagadnienia modelowania fizycznego rzeczywistych zjawisk dają się opisać za pomocą pojęć materii, energii (entropii), czasu i informacji (negentropii). Głównym celem metrologii jest przekształcenie modeli fizycznych zbudowanych z pojęć materii, energii, czasu, w modele metrologiczne

i doświadczalna weryfikacja ich poprawności, w których to modele fizyczne uzupełniane są pojęciami informacji, tak by dostarczały wiadomości jakościowych (obserwacja) i ilościowych (pomiar). Podstawowy schemat działania metrologii odpowiada schematowi procesu poznawczego stanowiącego połączenia badanego obiektu, będącego celem poznania, z jego modelem fizycznym i modelami matematycznymi i metrologicznymi, pomiędzy którymi występują sprzężenia zwrotne, stanowiące odzwierciedlenie procesów weryfikacyjnych poszczególnych modeli [32, 33].

Droga powstania modelu fizycznego i matematycznego badanego zjawiska może mieć charakter:

- dedukcyjny, pozwalający poznać logiczne związki przyczynowo-skutkowe właściwości danego obiektu;
- indukcyjny, gdzie eksperyment może być podstawą uogólnionej hipotezy o cechach analogicznych do wnioskowania dedukcyjnego wyróżniającego dane zjawisko.

Weryfikacja modeli ma w fizyce zawsze charakter doświadczalny z tym jednak, że sprawdzenie doświadczalne w określonym przypadku nie jest jeszcze dowodem prawdziwości, a ujemny wynik weryfikacji doświadczalnej, nawet w pojedynczym przypadku, falsyfikuje hipotezę.

Metrologia, jak każda samodzielna dyscyplina nauki, ma swoje problemy podstawowe, tj. takie zagadnienia, bez rozwiązywania których nie mogłaby być nauką i rozwijać się. Do problemów tych należy przede wszystkim tworzenie schematów zastępczych rzeczywistości, jej modeli formalnych, odtwarzających rzeczywistość ze znanym i wystarczającym przybliżeniem. Modele te winna charakteryzować jasność i przystępność pozwalająca na doświadczalne sprawdzenie poprawności odtworzenia przez nie rzeczywistości, jak i pomiarowe ustalenie konkretnych wartości ich elementów.

Metrologia to rezultat przekształceń łączących w sobie wątki naukowe wielu istniejących dyscyplin teoretycznych, jak i nauk inżynierskich.

Dowodem odrębności dziedziny, jaką jest metrologia, są:

- instytucje programowo nastawione na uprawianie tej dyscypliny,
- nowo powstające czasopisma, wydawnictwa, towarzystwa naukowe związane z pomiarami,
- związana wspólnota ludzi nauki uprawiających tę dyscyplinę,
- określona problematyka i tematyka zbudowana na bazie teorii poznania z wynikającymi dla niej metodami i technikami badawczymi,

- fascynacja dziedziną i napływ nowych adeptów, jak i specjalistów z innych dziedzin.

Warunki określające status metrologii jako dziedziny nauki nie mogą być spełnione od razu, nie stanowią więc one obecnie zamkniętego zbioru. Warunki te kształtują się w czasie trwania rozwoju dyscypliny, ulegają one modyfikacji bądź to na skutek nowo powstałych teorii, bądź też przeniesienia i wykorzystania schematów myślowych z innych dziedzin.

Interdyscyplinarny charakter metrologii wymaga czynnika integrującego zagadnienia wywodzące się z odrębnych dziedzin. Czynnikiem tym jest język opisu, podający związki jednoznacznie definiowane za pomocą prostych formuł [9, 34].

Krótko mówiąc miernictwo jest techniką wartościowania naszych spostrzeżeń świata materialnego, metrologia natomiast jest nauką o zasadach tego wartościowania. Chcąc mówić o pomiarach, trzeba wyodrębnić dziedzinę, w której mają być stosowane; mając mówić o metrologii, trzeba określić prawa nauki i cele postrzegania, obserwacji oraz możliwości i potrzeby poznawania otaczającego świata. W obu przypadkach podmiotem jest człowiek, przedmiotem właściwości otaczającego świata. Ostatecznie zatem właściwości człowieka warunkują użyteczność wyników pomiarów i wyników dociekań metrologii.

Ostatnio coraz większą część działalności człowieka w pomiarach przejmują coraz to doskonalsze przyrządy i systemy pomiarowe; w metrologii natomiast człowieka uzupełniają urządzenia informacyjne [35]. Procesy te zmieniają szybko tworzywo i treść dotychczasowego mierzenia jak i zakres dotychczasowej metrologii. Znacznie trwalszy jest udział człowieka tak w technice pomiarowej, jak i w nauce o mierzeniu, w metrologii. Od niego więc trzeba zacząć przy omawianiu zasad pomiarów.

Dlatego na początek rozważań omówmy jak postrzegamy rzeczywistość.

2. POSTRZEGANA RZECZYWISTOŚĆ

Obraz świata, który każdy z nas tworzy w swojej świadomości, nie jest tym ostatecznym, bowiem nie jest on dany nam w sposób bezpośredni, a tworzony jest stopniowo w długim okresie czasu na podstawie naszych subiektywnych przeżyć. Przeżyciami tymi są nasze doświadczenia, na które składa się szereg czynników, takich jak: nasza osobowość, inteligencja, sposób postrze-

gania, sposób przyjmowania i interpretowania informacji itp. Upływający czas i nowe nasze doświadczenie zmieniają postrzegany przez nas obraz świata. Ta „absolutna” rzeczywistość o świecie jest przedmiotem poznania, który my, przy niedoskonałości swoich zmysłów, budujemy w naszej świadomości.

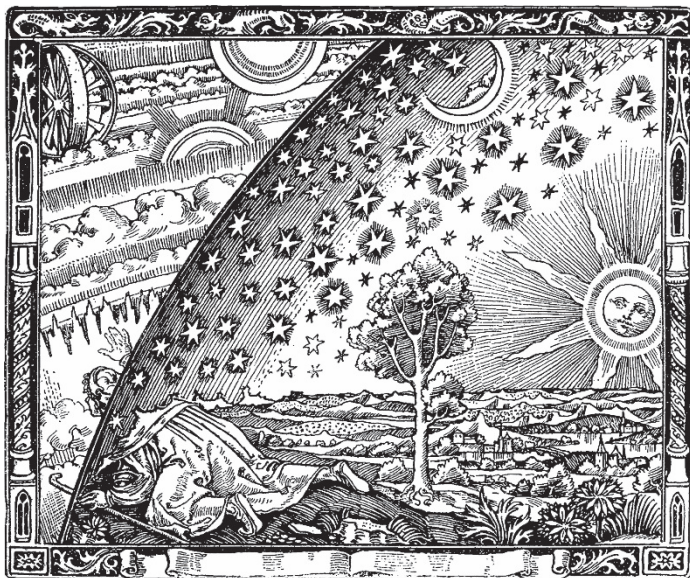
Proces tego budowania to nic innego jak proces poznawczy. W procesie tym dokonujemy przyporządkowania rzeczywistym właściwościom obiektów (zjawisk) abstrakcyjne symbole – najczęściej matematyczne. Ten sposób przyporządkowania stanowi różnicę pomiędzy myśleniem naukowym a codziennym, wynikającą nie ze swego charakteru, lecz swej kompletności. Wiedząc, że jesteśmy zespołem środków poznania oraz odbiorcą i interpretatorem jego wyników, stawiamy sobie pytanie, jaka jest ta rzeczywistość, której poszukujemy, jeżeli budowana jest ona na wrażeniach zmysłowych i zaprezentowana (zinterpretowana) w sposób osobniczo-subiektywny. Można tu przyjąć, że rzeczywistość zbudowana na wrażeniach zmysłowych jest tą rzeczywistością zmysłową, na której budowane są nauki ścisłe.

Jak w tworzeniu nauki eliminować ten element interpretatorski, który jest subiektywny i rzadko powtarzalny, bowiem żaden wynik obserwacji nie spełnia warunku powszechności? Jak w tworzeniu nauki rozumieć więc jej cel, którym jest osiągnięcie wiedzy obiektywnej?

W metrologii mamy do czynienia z tymi wrażeniami zmysłowymi, które można przedstawić w sposób ilościowy. Istotnym w metrologii jest to, że dowolność interpretatorską, jak i upływający czas można eliminować poprzez wskazanie pewnych „poziomów” odniesienia wspólnych dla obserwatorów i niezależnych od nich. Te poziomy to wielkości (zjawiska) uznane za wzorcowe. Czy znalezienie wzorców (zjawisk powtarzalnych itp.) wprowadza porządek i prawidłowość w tak olbrzymiej różnorodności przeżyć wynikających z różnych dziedzin świata zmysłów?

Czy te wzorce to realne elementy tworzące ten świat? Czy sposoby komparacji, spełniające szereg wymogów co do stacjonarności komparacji, dokładności etc. są obiektywne? I tak w tej zawilej i długiej drodze mnożą się tego typu pytania. Wraz z doskonaleniem środków poznania część z nich eliminuje się, ale jesteśmy świadomi, że pojawiają się nowe. Istotnym jest w tym fakt, że człowiek będący głównym obserwatorem kieruje się w procesie poznania ciekawością, dociekliwością, zdumieniem, które to elementy wyzwalają żądzę poznania.

To człowiek stawia sobie za zadanie stworzenie obrazu świata nie wymagającego żadnych udoskonaleń i przedstawiającego ostateczną jego realność. Ten mechanizm kieruje procesem postępu i ciągłym usubtelnianiem obrazu świata. Bogacąc i doskonaląc obraz świata mamy świadomość ograniczoności tego, że cel ten można osiągnąć, albo przynajmniej udowodnić, że został on osiągnięty. Jestem przekonany, że żądza poznania nie pozwala nam zwątpić w to, że doskonalenie obrazu świata idzie w parze z poznaniem świata realnego.



Ryt przedstawiający obserwatora, odkrywającego piękno Wszechświata ponad firmamentem (C. Flammarion, 1888), jest metaforyczną ilustracją nieustannej ciekawości, dociekliwości i zdumienia człowieka, wyzwających żądzę poznania w procesie poznawczym

Jak widzimy, to u podstaw poszukiwań naukowych leży idea oparcia ich na czymś, co byłoby ostateczną realnością, która wymyka się pełnemu poznaniu. I chyba ten realny świat jest zawsze celem dla coraz to doskonalszych metod pracy naukowej. Wynika stąd wniosek, że i metrologia należy do nauk poznawczych i przenika w sposób ciągły w inne gałęzie nauki, tworząc tym samym problemy interdyscyplinarne. Wkracza ona w dziedzinę fizyki, fizjologii, psychologii i filozofii. Jest to chyba zjawisko naturalne, bowiem ostatecznym ogniwem procesu pomiarowego jest zawsze człowiek, a metrologia nie może istnieć bez metrologów.

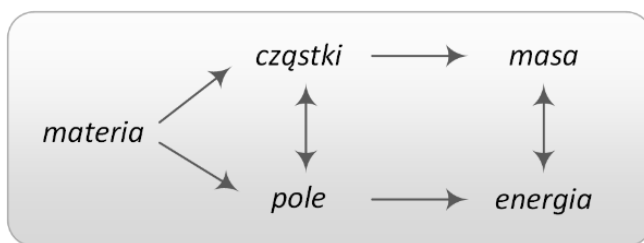
To, co wyodrębnia metrologię od innych gałęzi nauki to specyficzny sposób modelowania przez nią rzeczywistości – i to chyba jest ta jej swoistość. Rozwój metrologii stawia przed człowiekiem pytanie o możliwości techniczne i teoretyczne modelowania otaczającej go rzeczywistości, tej martwej i żywej materii.

3. OPIS CECH MATERII

Otoczająca nas rzeczywistość to materia, cząstki, atomy i molekuly, z których zbudowane są ciała martwe jak i organizmy żywe. Osiągnięcia fizyki atomowej, jądrowej i kwantowej w istotny sposób zmieniły pojęcia o budowie materii. Dziś cząstki elementarne nie są uważane za ściśle elementarne, mogą okazać się czymś złożonym. Te elementarne cząstki można dzisiaj zaszereżować w grupy: leptony, nukleony, hiperony i mezony. Wzajemne współoddziaływanie między cząstkami tworzy złożoność struktury świata.

Są to oddziaływania jądrowe, elektromagnetyczne i słabe. Obowiązują w nich zasady zachowania ładunku, liczby cząstek ciężkich, energii, pędu, spinu. Oddziaływanie cząstek na siebie, jak i na inne cząstki dokonujące się za pośrednictwem wytworzonego przez siebie pola (elektromagnetycznego, nukleonowego, mezonowego) wiąże się z pewną energią zgodnie z równaniem Einsteina, a więc i z pewną masą. W myśl teorii Lorenza zarówno energia, jak i masa cząstki w ruchu będzie odpowiednio większa od masy cząstek będących w bezruchu. Wzór Einsteina oznacza, że masa i energia są równoważne i mogą przechodzić jedna w drugą. Stąd cząstka wypromieniowująca energię traci równocześnie wskutek tego masę. Ten fakt pozwala zrozumieć materialną istotę promieniowania.

W teorii kwantów promieniowanie posiada strukturę cząsteczkową, rozchodzi się w przestrzeni w postaci fotonów o energii $h\nu$, gdzie h – stała Plancka, ν – częstość. Wprowadzenie przez de Broglie'a teorii ruchu falowego do mechaniki kwantowej pozwoliło przyporządkować każdej cząstce określone zjawisko falowe. E. Schrödinger wykorzystał te cechy kwantowo-falowe do określenia stanu kwantowego elektronów w atomie, a tym samym ukazał możliwość określenia parametrów ruchu elektronów w dowolnym miejscu pola. Powyżej zasygnalizowane relacje można obrazowo przedstawić następującym schematem:



będącym strukturalną prezentacją otaczającej nas rzeczywistości. Jeżeli uświadomimy sobie, że pomiędzy poszczególnymi elementami tego schematu występują określone relacje, zapisane już znanymi prawami teorii klasycznej, jak również teorii kwantowej, to ta rzeczywistość, którą postrzegamy bezpośrednio i którą zapisaliśmy w sposób deterministyczny wymyka się nam w sposób nie zawsze dla nas zrozumiały. Przyczyną tego jest fakt, że obiekty postrzeganej przez nas rzeczywistości występują w postaci cząstek i pól; cząstki opisujemy trzema współrzędnymi i trzema pędami, natomiast pola nieskończoną liczbą parametrów (nieskończoną liczbą stopni swobody).

Mamy też świadomość tego, że rozróżnienie między cząstką i falą istnieje raczej w sposobie obserwacji i opisu przyjętego modelu matematycznego niż w samej cząstce czy fali. To dualne ujęcie materii dobrze tłumaczy wiele faktów tworzonych przez nas modeli abstrakcji otaczającej nas rzeczywistości. Układ współistniejących pól i cząstek w otaczającej nas rzeczywistości nie może trwać w określonej stabilności. Przykład takiej niestabilności prześledzimy na zjawisku promieniowania ciała doskonale czarnego.

W zakresie promieniowania widzialnego, w którym to my obserwujemy rzeczywistość, różne długości fali odbierane są jako różne barwy. Pod koniec XIX wieku uwagę uczonych zwróciło tzw. ciało doskonale czarne – ciało całkowicie pochłaniające padające na nie promieniowanie. Wskutek wielokrotnego odbicia na częściowo pochłaniających i rozpraszających ściankach „wnęki” obserwator zewnętrzny nie zaobserwuje wydostającego się z wnętrza światła i odniesie wrażenie „absolutnej” czerni.

Po podgrzaniu tak skonstruowanej „wnęki”, jej ścianki zaczną promieniować. To właśnie promieniowanie nazywamy promieniowaniem ciała doskonale czarnego. Badanie empiryczne ilości energii emitowanego ciała doskonale czarnego zapoczątkowano w 1879 roku, kiedy to D. Stefan na podstawie analizy danych empirycznych sformułował tezę, że całkowita

zdolność emisyjna dowolnego ciała jest proporcjonalna do czwartej potęgi jego temperatury bezwzględnej.

W 1884 roku L. Boltzmann stosując metody termodynamiki udowodnił, że teza ta jest prawdziwa. W wyniku tego powstało prawo Stefana–Boltzmanna oraz określono w wyniku wielu doświadczeń współczynnik $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ zwany stałą Stefana–Boltzmanna.

W dalszych naszych rozważaniach rozpatrzmy rozkład widmowy promieniowania ciała doskonale czarnego, czyli przeanalizujemy właściwości funkcji Kirchhoffa.

Funkcje te są krzywymi empirycznymi, które opisał Kirchhoff. Rozkład ten próbowano odtworzyć w teorii klasycznej. Model taki przedstawili Rayleigh i Jeans. W swoich rozważaniach założyli, że ścianki naczynia, w którym zamknięte jest promieniowanie, składają się z oscylatorów (elementów materii), które w sposób ciągły pochłaniają i emitują to promieniowanie, pozostając z nim w stanie równowagi termodynamicznej. Każdy oscylator ma przyporządkowaną sobie falę o określonej długości i polaryzacji, reprezentuje więc jeden stopień swobody układu. W myśl zasady ekwipartycji energii określili oni, jaka część energii przypada na jeden oscylator, a następnie wyznaczyli zdolność emisyjną ciała doskonale czarnego:

$$\varepsilon_{v,T} = \frac{2\pi v^2}{c^2} kT \quad (3.1)$$

Tak uzyskany model był zgodny z danymi eksperymentu w obszarze małych częstości promieniowania v . Wyrażenie pokazuje nam monotoniczny charakter zmian emisyjności ciała w funkcji częstości, co wskazuje, że całkowita zdolność emisyjna ciała doskonale czarnego dąży do nieskończoności. Ten to fakt pokazał, że stosowanie zasad fizyki klasycznej w badaniach rozkładu widmowego ciała doskonale czarnego daje wyniki sprzeczne z zasadą zachowania energii. Wyjaśnienie tego zjawiska przedstawił 14 grudnia 1900 na posiedzeniu Niemieckiego Towarzystwa Fizycznego Max Planck. Zaproponowany, a następnie wyprowadzony wzór:

$$\varepsilon_{v,T} = \frac{2\pi v^2}{c^2} \frac{h\nu}{e^{h\nu/kT} - 1} \quad (3.2)$$

poprawnie opisuje wyniki doświadczalne. Wprowadzając go Planck zrobił założenie, że promieniujące elementy materii – nazywane wówczas

oscylatorami – mają swoje charakterystyczne częstotliwości drgań ν , że oscylator może pochłaniać lub tracić energię tylko określonymi porcjami $h\nu$, gdzie h jest stałą Plancka. Ten grudniowy dzień w roku 1900 stał się dniem narodzin fizyki kwantowej.

To wydarzenie ukazuje nam, że struktura cząstkowo-polowa materii pozwala na dokładniejsze poznanie właściwości materii, jej indywidualności i różnorodności. Prawo Plancka utorowało drogę dalszym odkryciom praw kwantowych, szczególnie bohrowskiemu modelowi atomu oraz einsteinowskiemu pojęciu fotonu jako kwantu promieniowania elektromagnetycznego.

Te fakty uświadamiają nam, że atom we wszystkich stanach kwantowych poza stanem podstawowym jest układem nietrwałym, który może rozpaść się na atom o niższym stanie energetycznym oraz foton, zmierzając do stanu podstawowego. Istotnym z punktu widzenia pomiaru jest tutaj problem czasu, jakim dysponujemy w stanie nietrwałym. Czas ten jest ograniczony i jest rzędu średniego czasu życia układu w tym stanie. Istotnym jest, że chcąc mieć pewność, że układ znajduje się w stanie o ustalonej energii, musielibyśmy go obserwować nieskończenie długo.

Stąd przy pomiarze energii popełniamy pewien błąd, jeżeli dokonujemy pomiarów w czasie skończonym. A takim czasem dysponujemy w układzie nietrwałym – oczywiście skończonym. Stąd masa stanu nietrwałego nie może być, z przyczyn zasadniczych, określona w sposób dokładny. Tylko stan podstawowy zapewnia dokładny pomiar energii (masy).

4. ZASADA PRZYZYNOWOŚCI

Zasada przyczynowości określa nam relację pomiędzy przyczyną działającą na obiekt w dokładnie określonym stanie a skutkiem powiązanym związkiem jednoznaczny z tą przyczyną. Ta jednoznaczność pozwala nam nie tylko przewidywać stany przyszłe obiektu fizycznego, ale również rekonstruować przeszłość.

W ujęciu ogólnym zasada przyczynowości wyraża pogląd, że w otaczającej nas rzeczywistości panuje określony porządek. Znaczy to, że nic nie dzieje się bez przyczyny, jak również to, że określonym przyczynom towarzyszą określone skutki. Pierwsza myśl odnosi się do przyrody, w której nie ma zjawisk izolowanych i dotyczy materii ożywionej i nieożywionej. Druga myśl dotyczy tylko materii nieożywionej w skali makroskopowej.

Mówiąc o przyczynowości, zawsze nasuwa się pytanie: czy związek przyczynowy jest czymś absolutnym, nienaruszalnym?

Jak było dawniej?

„Według Rene Descartes’a, którego często się nazywa ojcem nowoczesnej filozofii, Bóg stworzył wszystkie prawa natury i ducha na mocy swej własnej decyzji, zgodnie z celami tak wzniosłymi, że umysł ludzki nie jest zdolny pojąć ich w pełni. Dlatego też z punktu widzenia systemu Descartes’a istnienie cudów i tajemnic nie jest bynajmniej wykluczone.

W przeciwieństwie do tego Bóg Barucha Spinozy jest Bogiem harmonii i porządku, przenika cały świat, tak że samo prawo powszechnego związku przyczynowego należy uważać za boskie, a więc za wszechobejmujące i absolutnie nienaruszalne. Dlatego też w świecie Spinozy nie ma żadnego przypadku ani cudu.



Czy związek przyczynowy jest czymś absolutnym, nienaruszalnym?

Według Gottfrieda Wilhelma Leibniza, Bóg zbudował pierwotnie cały świat zgodnie z jednolitym planem, odpowiadającym jego najwyższej mądrości i z góry raz na zawsze podporządkował każdą poszczególną rzecz swoistym prawom, które nią rządzą, tak że de facto zachowuje się ona i rozwija w sposób niezależny od wszystkich pozostałych rzeczy – zgodnie tylko z własną istotą. Dlatego też u Leibniza wzajemne oddziaływanie między dwiema rzeczami jest tylko pozorne. Jak widzimy: ilu filozofów, tyle teorii. Tą drogą naprawdę nie można daleko zajść.”¹

Czym są więc prawa przyczynowe? Jak wiemy, zasada przyczynowości stwierdza ogólnie o przyczynie i skutku, natomiast prawa określają cechy reakcji skutku i przyczyny ze szczególnym określeniem co za skutek i przyczynę rozpatrujemy, np. rzecz, właściwość materii, zdarzenia.

¹ Max Planck, odczyt wygłoszony w Pruskiej Akademii Nauk 17 lutego 1923 r.

Warunek ten ukazuje nam, że prawa przyczynowe w różnych naukach są odrębne. Jakie one są w metrologii? Myślę, że każdy pomiarowiec przyczynowość pojmuje w kontekście określonego stanu układu (obiektu, pola zjawiska) w danej chwili z uwzględnieniem czynników wpływających, który to stan w następstwie chwili zmienia się w inny stan tegoż układu. Stan poprzedni układu wraz z czynnikami wpływającymi jest przyczyną, stan późniejszy – skutkiem.

Tak podana definicja może być w wielu przypadkach zbyt ogólnikowa. Uświadamiamy sobie, że w świecie realnym nie może być zupełnych powtórzeń, bowiem zjawiska przyrody są nieodwracalne, zgodnie z drugą zasadą termodynamiki. Przyczynowość w tym znaczeniu klasycznym nazywana jest jednoznaczna. To ona występuje w stosowanych przez fizykę klasycznych prawach Newtona, Maxwella itp. To dla tego rodzaju związków przyczynowych istnieje postulat ciągłości procesów przyrody w czasie i przestrzeni.

Jak ta przyczynowość wygląda w pojęciach fizyki współczesnej, tj. w fizyce atomowej, mechanice kwantowej? Traci ona sens w stosunku do indywidualnych zdarzeń atomowych, zachowując jednak ograniczoną, w znaczeniu statystycznym, ważność dla zjawisk zbiorowych, w których uczestniczy wielka ilość jednakowych składników świata atomowego.

Znamienną jest tu myśl, którą J.V. Neumann podał w swoim dziele *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*: „niemożliwe jest sprowadzenie przewidywania procesów atomowych do jednoznaczności bez naruszenia podstaw mechaniki kwantowej; jak również zawarł w nim myśl, że obecnie nie ma powodu ani usprawiedliwienia, abyśmy mówili o przyczynowości w naturze, żadne bowiem doświadczenie nie stwierdza jej istnienia: makroskopowe doświadczenia są do tego celu zasadniczo nieprzydatne, jedna zaś znana teoria, która jest w zgodzie z naszymi doświadczeniami nad procesami elementarnymi, mianowicie mechanika kwantowa jej przeczy”.

Problem przyczynowości jest tematem licznych dyskusji od kilku stuleci. Dyskusje te ożywiły się z chwilą powstania mechaniki kwantowej. Zasada przyczynowości była poddana ostrej krytyce przez wielu filozofów (Hume, Mili, Wittgenstein...), a głównym argumentem było twierdzenie, że nie można poznać związku przyczynowego między przyczyną i skutkiem, lecz jedynie można stwierdzić następstwo czasowe skutku po przyczynie.

Mówiąc o przyczynowości zwykle utożsamiamy to z determinizmem mechaniki klasycznej. Mówiąc o zjawiskach kwantowych twierdzimy, że przyczynowość traci swój sens. Czy jest to prawdziwe? Czy funkcja falowa w mechanice kwantowej nie podlega prawom deterministycznym? Chyba trzeba przyjąć, że przy przejściu z mechaniki klasycznej do mechaniki kwantowej przyczynowość zmienia swoje znaczenie. To nowe rozumienie przyczynowości wyrażone jest rozróżnieniem między przyczynowością jednoznaczną i wieloznaczną.

Zgodnie z zasadą przyczynowości jednoznacznej zawsze z A wynika B. W przypadku przyczynowości wieloznacznej z A wynika B1 z prawdopodobieństwem P1 lub B2 z prawdopodobieństwem P2 lub B3 z prawdopodobieństwem P3... itd., przy czym suma wszystkich prawdopodobieństw, $P1 + P2 + P3 + \dots$, musi być równa jedności. Jak możemy zauważyć, przyczynowość zarówno jednoznaczna, jak i wieloznaczna, sprowadza się do żądania, ażeby stan układu materialnego był związany ze stanem bezpośrednio poprzedzającym czy to na mocy konieczności, czy prawdopodobieństwa; to następstwo stanów nie przeszkadza w łączeniu się poszczególnych układów w całości hierarchiczne.

Mechanika kwantowa ustanawia między częściami składowymi układu atomowego związek bardziej wielostronny i ścisły, aniżeli fizyka klasyczna. Całość układu jest nadrzędna do samych części, o czym świadczy równanie, w którym funkcja stanu reprezentuje cały układ i służy do opisu wszystkich jego właściwości. Istotnym jest to, że w mechanice kwantowej stan układu nie jest opisany modelem matematycznym, który określałby go w sposób jednoznaczny, lecz opisany jest wyrażeniem ukazującym probabilistyczną charakterystykę rozważanego układu.

5. DETERMINIZM I INDETERMINIZM

Nieustający rozwój nauk obejmujący większość zjawisk fizycznych, chemicznych i biologicznych wciąga nas w skomplikowaną sieć przyczyn i skutków sięgających nie tylko Ziemi, ale już przestrzeni kosmicznej i Wszechświata. Ten fakt wyzwała w nas uczucie zwątpienia, czy to co poznaliśmy i to co robimy w pełni rozumiemy? Czy pojęcia energii, materii, czasu, przestrzeni itp. są tymi samymi pojęciami, które poznawaliśmy, ucząc się mechaniki klasycznej? Pomocnym w wyjaśnieniu tego jest pogląd

deterministyczny oraz indeterministyczny, które są nierozłączne w tworzonych od wieków koncepcjach świata. Mamy świadomość, że pojęcia te należą do filozofii. Czy można daną dziedzinę nauki łączyć z filozofią oraz czy można rozwijać naukę bez filozofii [36]?

Akceptując taki pogląd, prześledźmy, jak kształtowały się deterministyczne i indeterministyczne koncepcje świata pod wpływem rozwoju nauki. Determinizm jest poglądem zakładającym we wszechświecie określoną zależność stanów późniejszych od poprzedzających go stanów wcześniej. Ta maksyma stanowi podstawę formułowania teorii fizycznych, chemicznych, socjologicznych itp., gdzie postulowane jest jednoznaczne przewidywanie zjawisk i to zarówno w sensie poznawczym, jak i metodologicznym. To u podstaw determinizmu leży przekonanie o istnieniu ścisłych i powszechnych praw rzeczywistości. Z dziejów znamy, że ta rzeczywistość determinowana jest przez bogów. W średniowieczu analizowano przyczynową zależność bytów od siebie i wskazywano wzajemne ich relacje. To ze średniowiecza pochodzą koncepcje, że zjawiska wszelkiego typu są ściśle ze sobą powiązane przyczynowo i tak zależne, że przyjęto w świecie brak wolności, a w przypadku człowieka odpowiedzialności.

Czasy nowożytne, kiedy to deterministyczna koncepcja świata kształtowała się pod wpływem rozwoju nauk, utorowały drogę koncepcji, gdzie świat jest mechanizmem, w którym zdarzenia raz na zawsze ustalone dokonują się według zawsze obowiązujących praw. To w prawach Galileusza widzimy determinizm wynikający z obserwacji zjawisk wskazujących na istnienie praw przyczynowych. W tym to czasie R. Descartes zastępuje koncepcję mechanistyczną, dynamiczną koncepcją przyrody, w której ciała ulegają zmianom mechanicznym pod wpływem zewnętrznych oddziaływań.

B. Spinoza teorią powszechnego porządku przyrody, gdzie mogą istnieć tylko układy przyczynowo-skutkowe, eliminował przypadek i wolność z otaczającej rzeczywistości, która jest mechanizmem, a człowiek i jego działania tworem mechanicznie rozwijającego się otoczenia. Ten deterministyczny pogląd potwierdzali swoimi wywodami B. Pascal, P.S. Laplace, I. Newton, I. Kant, G.W.F. Hegel, J. Lachelier stwarzając tym samym deterministyczną koncepcję świata, którą można również opisywać sferę psychiczną człowieka.

To J.F. Herbert twierdził, że psychiczne życie człowieka jest tworem wzajemnie oddziaływujących elementów określonych przez prawa, a osią-

gnięcia człowieka (jego odkrycia), to twory materialne podlegające zde-terminowanemu mechanizmowi wyobrażeń. W wieku dziewiętnastym, zdominowanym przez rozwój nauki, utrwalił się mechanistyczny model otaczającej rzeczywistości. J. Lachelier uważał, że przyroda byłaby całkowicie niezrozumiała, gdyby nie panował powszechny determinizm. To H. Spencer twierdził, że obserwowane zjawiska różnią się złożonością, a nie naturą, którą należy odczytywać w sposób mechanistyczny w relacjach materii, siły i ruchu.

Te i inne poglądy nie były przyjmowane bezkrytycznie. Reakcją na tak dynamiczny rozwój determinizmu były pojawiające się poglądy ograniczające jego zasięg, a niekiedy zgoła je odrzucające. Determinizm wg H. Bergsona należy odczytywać jako konstrukcję intelektualną, a otaczającą nas rzeczywistość jako samoistny i twórczy twór kierowany siłami wewnętrznymi, dla których to otaczająca bezwładna materia jest elementem hamującym.

Można przytoczyć tu różne punkty widzenia negacji np. Ch. Duma-na, P. Ferriera, H. Reichenbacha, E. Macka czy bardzo skrajne stanowisko B. Russella uznającego, że determinizm jest prymitywny i nienaukowy, a każda przyczyna może wywołać różne skutki. Fascynacja determinizmu jak i jego nieakceptacja przybierały różne formy i jak widzimy dyktowane były nowymi wynikami badań.

To badania świata mikrocząstek stanowiły tu przełomowy moment i dały początek rodzącego się indeterminizmu, gdzie zasada przyczynowości i jej sposób stosowania pozostał pod znakiem zapytania. Aby lepiej ukierunkować nasze rozważania i prowadzoną tu systematykę przypomnijmy, że ze względu na dziedzinę wyjściową wyróżniamy:

- determinizm przyrodniczy,
- determinizm filozoficzny,
- determinizm psychospołeczny,
- determinizm teologiczny.

To, czym się zajmujemy, tworząc coraz to doskonalsze narzędzia pomiarowe, uzupełniające nasze zmysły w poznaniu otaczającej nas rzeczywistości, określa determinizm przyrodniczy, a w szczególności determinizm mechanistyczny, w myśl którego formułowano prawa fizyki klasycznej przyjmując, że w świecie panuje powszechna przyczynowość i stąd wszelkie zdarzenia mogą być przewidywalne w myśl stworzonych i zapisanych praw

przyrody. To pod wpływem tych postulatów determinizmu powszechnego rozciągnano je na świat biologii i socjologii, traktując tym samym życie jako nieprzerwany ciąg zjawisk opartych na mechanizmie podziału komórki, a istotę żywą jako maszynę fizykochemiczną.

Wracając do indeterminizmu, poznajmy ważniejsze fakty z historii fizyki współczesnej, aby móc głębiej zastanowić się nad znaczeniem tak zasadniczej zmiany punktu widzenia. To N. Bohr, M. Planck, W.C. Heisenberg, Cz. Białobrzeski oraz P.A.M. Dirac w duchu indeterminizmu zinterpretowali nieprzydatność pojęć i praw mechaniki klasycznej do opisu zjawisk kwantowych. I tak:

- Bohr twierdził, że zasada determinizmu nie ma zastosowania w fizyce kwantowej, ponieważ cząstka elementarna nie jest ściśle zlokalizowana w czasie i przestrzeni, a tym samym nie może być określony jej stan pozostawiony, a tym bardziej następny;
- Planck utrzymywał, że światem mikrofizyki rządzą odrębne prawa, gdzie np. czas pozostawienia atomu w stanie stacjonarnym jest nieokreślony, jak i nie można przewidzieć zmiany danego stanu;
- Heisenberg twierdził, że wyniki obserwacji nie pozwalają na wyznaczenie położenia i pędu cząstki niezależnie od błędów przypadkowych. To rozwój mechaniki kwantowej kwestionował zasady deterministycznego opisu zjawisk – bowiem jednoznaczne scharakteryzowanie układów mikroskopowych jest niemożliwe.

Aby zrozumieć tę zasadniczą zmianę punktu widzenia, która stała się niezbędna w fizyce współczesnej, należy prześledzić ważniejsze fakty z mechaniki kwantowej.



*„Bóg nie tylko gra w kości, ale czasami rzuca je tam gdzie nie mogą być widziane”
(S. Hawking).*

*Czy model Wszechświata według mechaniki kwantowej tłumaczy fundamenty
budowy i funkcjonowania rzeczywistości?*

6. ZASADA NIEOZNACZONOŚCI HEISENBERGA

Korpuskularno-falowa natura cząstek w mechanice kwantowej oraz statystyczny charakter funkcji falowej określającej położenie cząstki w przestrzeni rodzi wątpliwości i stawia pytanie, gdzie jest granica stosowalności pojęć fizyki klasycznej w mikroświecie.

Pytanie o stosowalności przyjętych pojęć nie jest niczym nowym w nowo tworzonej dziedzinie, bowiem w samej fizyce klasycznej znamy takie problemy. I tak np. temperatury jednej cząstki, czy punktowej lokalizacji w przepływie fali elektromagnetycznej.

Właściwości falowe mikrocząstek wprowadzają ograniczenia co do możliwości określenia równocześnie współrzędnych cząstki oraz jej pędu stosując klasyczne pojęcie pędu i położenia [37, 38].

W fizyce klasycznej można wykazać, że występowanie w przestrzeni Δx ciągu fal jest związane z faktem, że musi on zawierać fale o częstościach z określonego $\Delta \omega$, tzn. o liczbach falowych z przedziału Δk , a tym samym pomiędzy tymi wielkościami istnieje związek $\Delta x \cdot \Delta k \geq 1$. Zależność ta jest prawdziwa dla wszystkich zjawisk falowych, czyli również fali de Broglie'a cząstki poruszającej się wzdłuż osi x z pędem $p_x = \hbar k$. Stąd możemy zapisać:

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar \quad (6.1)$$

Biorąc pod uwagę trójwymiarową przestrzeń, w której porusza się cząstka możemy zapisać:

$$\Delta y \cdot \Delta p_y \geq \hbar \quad (6.2)$$

$$\Delta z \cdot \Delta p_z \geq \hbar \quad (6.3)$$

Wyrażenia (6.1)–(6.3) opisują tzw. zasadę nieoznaczoności Heisenberga. Werner Heisenberg wykazał w sposób ogólny, że kwantowo-mechaniczny opis stanu cząstki nie może jednocześnie określać położenia i pędu cząstki. Zgodnie z mechaniką kwantową może istnieć stan odpowiadający określonej pędowi cząstki, ale jej położenie będzie wówczas nieokreślone. I odwrotnie, gdy kwantowy opis cząstki zawiera informację o określonym położeniu cząstki, wówczas nie może on zawierać informacji o określonym pędzie.

W stanach pośrednich, gdzie położenie jest określone przedziałem Δx i pęd Δp , związkiem łączącym te wielkości jest zależność (6.1).

Zasada nieoznaczoności w mechanice kwantowej narzuca ograniczenie na możliwość opisu toru, po którym porusza się cząstka. W mechanice klasycznej poruszająca się cząstka ma określone w dowolnej chwili swoje współrzędne x, y, z oraz pęd p_x, p_y i p_z . Taki przypadek jest możliwy w mechanice kwantowej i dotyczy on przebywania cząstki w makroskopowej przestrzeni. Wówczas istnieje możliwość zarejestrowania cząstki na kliszy fotograficznej. Położenie elektronu ustalone jest z dokładnością wynikającą z liniowych rozmiarów ziarna emulsji fotograficznej ($\Delta x \approx 10^{-6}$ m). Stąd niedokładność określenia prędkości w myśl równania (6.1) wynosi $\Delta v = 10^2$ m/s. W praktyce rejestrowane są ślady prędkich elektronów, których prędkość v jest rzędu 10^6 m/s.

Błąd rejestracji torów takich elektronów jest rzędu $10^{-2}\%$, więc w praktyce makroskopowej można mówić o ruchu elektronu po określonym torze z dokładnie znaną w każdym punkcie swego toru prędkością. Gdy ten ruch elektronu rozpatrujemy w atomie, gdzie $\Delta x = 10^{-10}$ m, to nieoznaczoność prędkości elektronu wówczas wynosi $\Delta v_x = 10^6$ m/s, co odpowiada realnym prędkościom elektronów, czyli $v \approx \Delta v_x$. Stąd nie można mówić o ruchu elektronu w atomie po ściśle określonym torze z dokładnie znaną prędkością w każdym jego punkcie. Zwróćmy uwagę, że dla obiektów makroskopowych, dla których właściwości falowe (fale de Broglie'a) nie ujawniają się, zasada nieoznaczoności nie odgrywa żadnej roli [39].

Zasada nieoznaczoności dotyczy nie tylko położenia i pędu. W formalizmie mechaniki kwantowej występują i inne pary tzw. wielkości kanonicznie sprzężone. Przykładem może być tu czas t i energia E , które spełniają zasadę nieoznaczoności:

$$\Delta t \cdot \Delta E \geq \hbar \quad (6.4)$$

W praktyce oznacza to, że na wykonanie jakiegokolwiek pomiaru w stanie nietrwałym mamy ograniczony czas – rzędu średniego czasu życia układu w tym stanie. Widzimy, że chcąc mieć pewność, że układ znajduje się w stanie o ustalonej energii, winniśmy obserwować go nieskończenie długo. Podobnie chcąc przekonać się, że fala jest falą płaską, winniśmy ją obserwować w całej nieskończonej przestrzeni.

Stany nietrwałe muszą więc charakteryzować się pewnym rozmyciem

energii, które w ich układzie spoczynkowym odpowiada rozmyciu ich masy. Widzimy więc, że tylko stan podstawowy będzie stanem nierozmytym, natomiast wszystkie stany wzbudzone nie będą miały dokładnie określonej wartości energii. Stąd też linie emitowane przez atom mają pewną naturalną szerokość, co oznacza, że zwiększając dokładność pomiaru nie uczynimy tej linii węższą.

7. ZAGADNIENIE POMIARU W MIKROŚWIECIE

Rozważania poprzedniego rozdziału ukazały nam raczej formalną stronę zasady nieoznaczoności. Jakie są zatem związki z rzeczywistością prowadzonymi doświadczeniami? Sam Heisenberg uważał, że zasada nieoznaczoności wyznacza doświadczalną granicę dokładności, z jaką można wykonywać równocześnie pomiary wielkości kanonicznie sprzężonych. Jego eksperymenty myślowe potwierdziły jego tezę [40].

Heisenberg wiązał ten fakt z przekonaniem, że żaden pomiar wykonany w mikroświecie nie może pominąć oddziaływania mierzonego obiektu z urządzeniem pomiarowym. W miernictwie wielkości fizyki klasycznej zagadnienie to minimalizowane jest drogą doskonalenia urządzeń pomiarowych, które ukazywane jest przez wnikliwszą analizę przyjętych modeli, czy to badanego zjawiska fizycznego, czy już skonstruowanego przyrządu pomiarowego. W świecie mikrofizyki ograniczenia pomiarowe nie wynikają z technicznej niedoskonałości przyrządów.

Mówiąc o pomiarze w mikroświecie, winniśmy uzmysłowić sobie dwa fakty. Pierwszy – istnienie związków nieoznaczoności, który podsuwa nam wątpliwość świadomego stosowania pojęć fizyki klasycznej do opisu stanu mikroobъекtów. Drugi – że przeprowadzane doświadczenia informujące nas o stanie mikroobъекtów mają charakter makroskopowy (np. rejestracja drogi elektronu na kliszy fotograficznej), a tym samym muszą być one oparte o zasady tych teorii, które ją stworzyły, tzn. mechanikę klasyczną, elektrodynamikę itp., a otrzymywane z nich informacje muszą być opisane pojęciami fizyki klasycznej.

Mamy świadomość, że proces oddziaływania urządzenia pomiarowego z badanym obiektem jest procesem obiektywnym. W przypadku oddziaływania z obiektem makroskopowym jest to oddziaływanie pomiędzy dwoma układami makroskopowymi, a w przypadku obieków mikroskopowych,

w wyniku obiektywnie istniejącej dwoistości natury mikroobektów, sama czynność wykonania pomiaru, np. położenia mikrocząstki powoduje zmianę jego pędu.

Zmiany tej nie możemy technicznie zmierzyć, ale możemy ją wyznaczyć ze związku nieoznaczoności Heisenberga. Nie możemy tym samym pominąć oddziaływania urządzenia pomiarowego na badany obiekt, czyli stosować pojęcia przedmiotu badanego w oderwaniu od badającego przedmiotu.

Wyniki pomiarów zależne są więc od obserwatora. Tej roli obserwatora i aparatury nie można było tak doceniać, dopóki badania ograniczały się do skali makroskopowej. To badania w skali mikroskopowej ujawniły jej „zaskakującą” dla nas rolę [41].

Mechanika kwantowa nie może dostarczyć nam informacji, gdzie w przestrzeni znajduje się cząstka. Może natomiast za pomocą swojego formalizmu, jakim jest równanie Schrödingera, wyliczyć ewolucję czasową funkcji falowej cząstki w przestrzeni. Akt pomiaru zmienia funkcję falową w sposób nieciągły. Spośród wszystkich możliwych wartości dopuszczalnych przez funkcję falową, pomiar określa tę jedną możliwość, która rzeczywiście zachodzi [42, 43].

Ciekawa jest myśl, którą wypowiedział Heisenberg: *„Tak więc przejście od tego co możliwe do tego co rzeczywiste, dokonuje się podczas aktu obserwacji. Jeżeli chcemy opisać przebieg zdarzenia w świecie atomów, musimy zdać sobie sprawę z tego, że słowo ‘zachodzi’ może dotyczyć tylko aktu obserwacji, nie zaś sytuacji między dwiema obserwacjami”*.

Myślę, że każde zdarzenie zachodzące w rzeczywistości na skutek wpływu wielu wzajemnie oddziaływujących na siebie procesów, nie może być określone zupełnie ściśle. Dają się podporządkować wyidealizowane zdarzenia w fizycznym obrazie świata, odosobnione od otoczenia i uwolnione od nie dających się skontrolować wpływów czynników ubocznych.

Stąd jak widzimy w obrazie świata fizycznego są obecne nadto twory czysto umysłowe, niewystępujące w realnym świecie, jak np. układ współrzędnych kartezjańskich. Tego rodzaju twór (model) odgrywa rolę pomocniczą. Wyniki naszych rzeczywistych obserwacji pomiarów wyrażamy w symbolach obrazu, „przenosząc” go tym samym ze świata rzeczywistego do modelu. Następnie na tych symbolach dokonujemy operacji arytmetycznych w celu uzyskania możliwych następstw, wyniki wyrażone symbolicznie określają nam te wielkości, które obserwowaliśmy i mierzyliśmy.

To te rozważania tworzyły niekończące się dyskusje, które szukały odpowiedzi na pytanie, czy koncepcja fizycznego obrazu świata może ułatwić wyjście z sytuacji, jaka wytworzyła się wskutek odkrytej przez Heisenberga zasady nieoznaczoności. Wśród filozofów rodzą się pytania, czy nieoznaczoność Heisenberga ma charakter ontologiczny, tzn. cząstka sama w sobie po prostu nie ma jednoznacznie określonego równocześnie położenia i pędu, czy też ma ona charakter epistemologiczny, tzn. nieoznaczoność istnieje nie w niej samej, lecz stworzonej przez nas wiedzy o niej?

8. PRZYCZYNOWOŚĆ A INDETERMINIZM W METROLOGII

Przytoczone elementy pojęciowe mechaniki kwantowej, a w szczególności zasada nieoznaczoności powoduje, że w świecie cząstek zasady determinizmu nie mogą być stosowane. Zanim zaczniemy rozwijać problem przyczynowości w tych nowych warunkach, omówimy jeszcze pojęcie komplementarności, które wprowadził Niels Bohr. Przez wielkości komplementarne (dopełniające się) w fizyce współczesnej nazywamy te wielkości, które nie mogą być poznane jednocześnie. Należą do nich np.: położenie – prędkość, czas – energia, fala – cząstka itp. Próba czasoprzestrzennego opisu elektronu jako zlokalizowanej cząstki jest komplementarna względem opisu deterministycznego.

To znaczy, że chcąc określić położenie elektronu w czasoprzestrzeni, możemy to zrobić, wykonując odpowiedni pomiar, wiedząc jednocześnie, że tracimy informację o czasowej ewolucji badanego układu. Jeżeli natomiast interesuje nas czasowa ewolucja układu, to badamy ją za pomocą deterministycznie zachowującej się funkcji falowej, ale wtedy mamy prawdopodobieństwo, a nie dokładne położenie elektronu. Niech innym przykładem poznania będzie ta sama cząstka, która w określonych warunkach obserwacji, przy określonych urządzeniach pomiarowych, postrzegana jest jako fala, w innych zaś warunkach i przy zastosowaniu odmiennej aparatury pomiarowej – jako cząstka.

Nasuwa się pytanie, czy może ona jako przedmiot poznania być poznana naraz w obu postaciach. Biorąc pod uwagę fakt, że obserwatorem i eksperymentatorem dobierającym stosowne urządzenia pomiarowe winien być metrolog, zachodzi pytanie, czy wobec wyżej przedstawionych przykładów

ma on zachować stanowisko realistyczne i wnioskować na podstawie tego, co obserwowalne i mierzalne.

Myślę, że ten problem jest istotny z filozoficznego punktu widzenia i chyba znajduje odpowiedź na pytanie: czy w nauce można utożsamiać otaczającą, dostępną naszym zmysłom w sposób jakościowy przyrodę, z niezależną od podmiotów poznających rzeczywistością. Przed metrologiem są do wyboru dwa stanowiska poznawcze: realizmu krytycznego oraz radykalnego pozytywizmu lub fenomenalizmu.

Myślę, że metrolog, przyjmując stanowisko realisty krytycznego nie sądzi, że elektron jest „rzeczą w sobie”, podobnie jak łyżka czy but, cząstka elementarna fizyki współczesnej jest chyba dla nas przejawem rzeczywistości obiektywnej, niezależnej od poznających podmiotów. Metrolog może być realistą, nie będąc metafizykiem, bowiem w nauce stanowisko realistyczne jest racjonalniejsze od idealistycznego czy fenomenalistycznego.

Z chwilą rozwoju indeterminizmu zasada przyczynowości była krytykowana, bowiem rozpowszechniła się opinia utożsamiająca przyczynowość z determinizmem mechaniki klasycznej. Jako argument podnoszono kwestię, że nie możemy poznać związku przyczynowego między przyczyną i skutkiem, lecz stwierdzamy jedynie następstwo czasowe skutku po przyczynie.

Wprowadzenie pojęcia przyczynowości jednoznacznej i wieloznacznej będącej przejawem realizmu naukowego, pozwala sądzić przy przejściu od mechaniki klasycznej do mechaniki kwantowej, że przyczynowość nie zostaje wyeliminowana, lecz zmienia się jej rozumienie. W myśl przyczynowości jednoznacznej zachowuje się funkcja falowa, natomiast zasadę przyczynowości wieloznacznej stosuje się do stanów cząstek. Istotnym jest również to, że termin „indeterminizm” nie oznacza braku przyczyny.

W metrologii przyczynowość przy przejściu z mechaniki klasycznej do mechaniki kwantowej zmienia swoje znaczenie, wyraża się ono w sposobie oddziaływania przyrządu pomiarowego z badanym obiektem. I tak dla obiektów makroskopowych stosowane są pojęcia klasyczne jak pojęcie współrzędnych i pędu, a proces oddziaływania zachodzi w przestrzeni i czasie i jest określany jednoznacznie przez przyjęte modele (teorie). Mamy świadomość, że sposób oddziaływania przyrządu pomiarowego w przypadku ośrodka makroskopowego jest oddziaływaniem pomiędzy dwoma układami makroskopowymi i dysponujemy wystarczającym aparatem pojęć fizyki klasycznej do jego pełnego opisu.

W przypadku mechaniki kwantowej oddziaływanie przyrządu z mikroobiektem (cząstką, elektronem itp.) jest zupełnie odmienne. Wynika to z faktu dwoistej natury mikroobiektów. I tak w procesie pomiaru położenia mikrocząstki ulega zmianie pęd cząstki.

Granice zmniejszania tego oddziaływania określa związek nieokreśloności $\Delta p \geq \hbar/\Delta x$, który ukazuje, że sposobu oddziaływania urządzenia pomiarowego na badany obiekt nie można pominąć, czy go zaniedbać. W mechanice kwantowej pomiar zmienia stan obiektu i w procesie pomiarowym określenie jakiejś wielkości charakteryzującej cząstkę jest możliwe tylko z dokładnością określaną przez związek nieoznaczoności.

Ta zależność wyników pomiaru od przyrządu pomiarowego (rzeczywistego obserwatora) może być interpretowana jako stanowisko idealizmu subiektywnego i prowadzić do idealistycznych wniosków opartych na związkach nieoznaczoności, które odrzucają zasadę przyczynowości w świecie mikrocząstek. Czy tak jest w rzeczywistości? W mechanice kwantowej pojęcie stanu układu jest zupełnie odmienne niż w mechanice klasycznej.

Opisem stanu w mikroświecie jest funkcja falowa cząstki Ψ . Znając wartości funkcji Ψ w czasie t_0 można określić przez rozwiązanie równania Schrödingera jej wartość w chwili $t > t_0$. Ta ewolucja czasowa funkcji falowej ma charakter deterministyczny i jest otrzymana z równania matematycznego mającego cechy równania deterministycznego. Musimy pamiętać, że funkcja falowa nie opisuje toru cząstki, lecz wyraża prawdopodobieństwo znalezienia się cząstki w danym obszarze przestrzeni. Stąd można powiedzieć, że zdeterminowane są prawdopodobieństwa, a nie stany cząstki.

Zasada nieoznaczoności Heisenberga zmusza nas do innego spojrzenia na fakt, że gdy znamy położenie i prędkość wszystkich mas układu odosobnionego to możemy przewidzieć ich przyszłe położenie i prędkość (to nasze myślenie wynikające z zasady przyczynowości). Zasada nieoznaczoności nie stwierdza, że powyższe stwierdzenie jest nieprawdziwe, ale uświadamia nam, że nie jest zawsze użyteczne.

I tak w mikroświecie nie możemy przewidzieć dokładnie położenia pojedynczego elektronu lub atomu i nie ma tu miejsca na układy odosobnione. Nasuwa się tutaj pytanie. Czy niemożliwość zmierzenia danej wielkości eliminuje poczynania metrologa w mikroświecie?

Czy to, co jest niedostępne pomiarom, nie zależy od metrologii? Me-

trolog ma świadomość tego, że pomiar położenia cząstki w mikroświecie zakłóca jej ruch i uświadamia sobie, że taki skutek pomiaru pozbawia go właśnie możliwości przewidywania jej dalszego położenia. Metrolog przeprowadzający badania doświadczalne coraz to doskonalszymi urządzeniami nie musi zadręczać się zasadą nieoznaczoności, ale musi zawsze odróżnić ograniczenia od ograniczeń fundamentalnych, z których wynikać może np. nieużyteczność danego urządzenia pomiarowego.

Jak widzimy, w mikroświecie rola obserwacji za pomocą urządzeń pomiarowych odgrywa istotne znaczenie w procesie interpretacyjnym szeregu zjawisk. Okazuje się, że sposób interpretacji i opisu oddziaływania urządzenia pomiarowego z układem kwantowym może być bardzo ważny.

9. MODELOWANIE I SYMULACJA W PROCESIE POZNANIA

Istotnym dla nauki, a zarazem ważnym punktem wyjścia dla licznych zagadnień o charakterze metodologicznym każdej jej dyscypliny, są czynności modelowania i symulacji. To właśnie modelowanie i symulacja pobudzają ludzką wyobraźnię oraz kierują naszą uwagę na podstawowy czynnik określający poznanie, jakim jest jego przybliżony charakter w stosunku do rzeczywistości. Poznanie nasze jest wybiórcze, aspektowe, ale również w istotny sposób przybliżone i ma charakter aproksymacyjny. Celem naszych poczynąń jest uzyskanie poznania wiernego w stosunku do otaczającej nas rzeczywistości.

Ideał ten chcemy osiągnąć drogą kolejnych przybliżeń w oparciu o ciągle modyfikowane eksperymenty doświadczalne i wnikliwą analizę błędów, które stanowią elementy weryfikacji teorii naukowych. Jesteśmy świadomi, że żaden eksperyment doświadczalny nie jest w stanie udowodnić teorii w sposób bezwzględny, a jedynie w mniejszym lub większym stopniu ją potwierdza, bowiem przybliżony charakter poznania wynika z posługiwania się w badaniu opracowanymi modelami rzeczywistości.

Wykorzystywanie modeli w poznaniu świata rzeczywistego ukazuje nam drugą cechę poznania, czyli jej charakter zastępczy [44]. W naszym postępowaniu naukowym idziemy od jednego modelu do drugiego, tworząc tym samym coraz to bardziej adekwatne modele, z których wyciągamy

wnioski i konfrontujemy je z doświadczeniem. Mamy świadomość tego, że model w poznaniu jest ogniwem pośredniczącym między badaczem a rzeczywistością i jest on tylko środkiem, a nie celem, bo w poznaniu chodzi przecież o możliwie najwierniejsze odzwierciedlenie obiektywnej rzeczywistości [45].

9.1. MODEL I MODELOWANIE

Modelowaniem nazywamy czynność, którą posługujemy się w opisie naukowym rzeczywistości polegającą na badaniu jej modeli, stanowiących jej przybliżenie. Modelowanie to nie tylko otrzymanie konkretnego modelu, lecz cały cykl badawczy od utworzenia modelu poczynając przez jego weryfikację, interpretację, kończąc na jego kolejnym przybliżeniu. Modelowanie jako czynność jest z reguły niezakończone [46, 47].

Chcąc uchwycić przybliżony charakter poznania należy rozpatrywać obiekty (pola zjawiska), których parametry mają charakter przybliżony, bowiem wtedy mogą one reprezentować rzeczywistość dostępną nam w eksperymentach [35].

W kontekście aproksymacyjnego charakteru poznania w naszym procesie myślowym zaczynamy używać pojęć – oryginał, model. Celem poznania naukowego jest poznanie oryginału. Model jest środkiem tego poznania [48, 49].

Z praktyki wiemy, że w zależności od przyjętego punktu widzenia posługujemy się różnymi rodzajami modeli. Wynika to z wielu możliwych punktów widzenia. W metrologii generalnie przyjmujemy modele fizyczne i matematyczne. Modele fizyczne stanowią przedstawienie fizyczne postrzeganej przez nas rzeczywistości, natomiast matematyczne, będące częścią ogólniejszej dziedziny modeli symbolicznych, przedstawiają myślowy opis oryginału. Wśród modeli fizycznych, w zależności od obserwowanego pola zjawiska możemy wyróżnić modele mechaniczne, termiczne, radiacyjne, optyczne, chemiczne.

Pomiędzy wymienionymi modelami istnieją różnego rodzaju powiązania wynikające ze względności pojęcia oryginału i modelu. Między oryginałem a modelem może zachodzić relacja homomorfizmu i izomorfizmu. Wyróżnienie i przyjęcie w opisie rzeczywistości konkretnego modelu jest czynnością podyktowaną przyjętym punktem widzenia, który jest względny, su-

biektywny i warunkowany czasowo. Istnieje wiele systematyk dotyczących modeli, co prezentuje specjalistyczna literatura. Jedną z nich jest ta, która wyróżnia modele operacyjne, modele syntaktyczne oraz modele semantyczne. A w przypadku modeli fizycznych np. modele strukturalne, funkcjonalne.

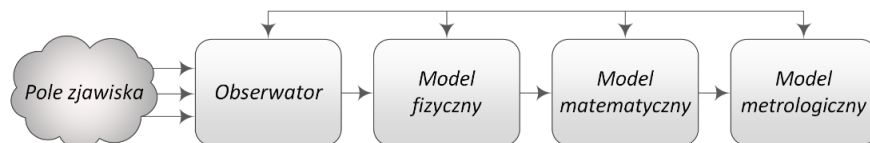
9.2. SYMULACJA

Pojęcie „symulacja” jest ściśle związane z badanym przez nas obiektem i występuje tam, gdzie nie mamy możliwości bezpośredniego badania oryginału. Wówczas nasze czynności związane są bezpośrednio z modelem. I tu odróżniamy obiekt symulowany – czyli ten nasz oryginał oraz obiekt symulujący – czyli nasz model. Również odróżniamy symulację od badań symulacyjnych. Badania symulacyjne to nic innego jak stosowanie symulacji, która jest procesem opisującym stany modelu – a więc czynnością (procesem) konstruowania stanów przeszłych modelu. Może ona być stosowana do obiektów (zjawisk) istniejących, jak i tych planowanych nieistniejących, w przypadku których badania symulacyjne falsyfikują wysuniętą hipotezę.

10. PROCES POZNAWCZY W METROLOGII

Ta droga od jednego modelu do drugiego, gdzie kolejne jej kroki to następne przybliżenia, stanowi proces poznawczy danej dziedziny nauki.

Relacje i wzajemne powiązania modelu fizycznego, matematycznego i metrologicznego mierzonego zjawiska, zastosowanej metody pomiarowej i użytych do tego celu urządzeń pomiarowych można przedstawić w postaci schematu procesu myślowego, który jest procesem poznawczym w metrologii. Schemat przyporządkowania dokonywanym obserwacjom wyrażonym przez wrażenia w świadomości obserwatora zjawiskom fizycznym, będącym wynikiem przemian energetycznych w otaczającej nas rzeczywistości można graficznie przedstawić jak na rys. 10.1.



Rys. 10.1. Schemat procesu poznawczego w metrologii

Tak przedstawiony schemat procesu poznawczego ma charakter formalny (myślowy). Cechą modeli myślowych jest forma ich prezentacji. Należy do nich postać symboli logicznych, równań – wyrażeń matematycznych, wykresów, tabel itp. Forma i budowa procesu poznawczego w metrologii jest podstawą systematyki podjętej przez autora w niniejszej pracy. Przykładem tego jest rodzaj opisów tu prezentowanych modeli słownych, numerycznych, analitycznych czy graficznych.

W zaprezentowanym tu schemacie procesu poznawczego metrologii występuje szeregowe połączenie badanego obiektu (pola zjawiska), będącego celem poznania, z jego układem fizycznym, matematycznym i metrologicznym, pomiędzy którymi występują sprzężenia zwrotne stanowiące odzwierciedlenie procesów weryfikacyjnych poszczególnych modeli, uwarunkowane zewnętrznymi kryteriami oceny.

Droga powstawania modeli w procesie prawnym metrologii przyjmuje założenie, że metody indukcyjne i dedukcyjne przeplatają się wzajemnie i stanowią procedurę tworzenia uogólnionej systematyki metrologii.

Prawa fizyki, które są dla nas modelem fizycznym, wyrażamy zwykle w postaci równań modelujących przyczynowe zależności między wielkościami, które my przy pomocy swoich zmysłów lub za pomocą doskonałych przyrządów pomiarowych potrafimy wyodrębnić z pola zjawiska, mają postać przyczynowych zależności.

W klasycznych pomiarach wielkości fizycznych proces przyczynowo-skutkowy jest gwarantem poprawnie postawionej hipotezy. W procesie tym o przyczynie dowiadujemy się na podstawie analizy skutków. Złożoność współczesnych metod pomiarowych pociąga za sobą wnikliwą analizę procesu przyczynowo-skutkowego obejmującą również szeroko rozumianą analizę modelu matematycznego metody pomiarowej.

Problem ten w literaturze nazywany jest *forward problem* i ukazuje on model matematyczny, odzwierciedlający obserwowane przez nas wielkości, charakteryzujący zachowanie lub stan pola zjawiska w relacji innych wielkości będącymi przyczynami tego zachowania lub stanu.

W przypadku kiedy obserwowane przez nas wielkości tworzące zachowanie lub stan pola zjawiska są skutkiem oddziaływania innych wielkości powodujących taki stan lub zachowanie, mamy do czynienia z *inverse problem*.

W metrologii klasycznym problemem „wprost” jest pomiar dokonywa-

ny z wykorzystaniem wzorca danej wielkości. Z problemem odwrotnym mamy do czynienia wówczas, kiedy nie posiadamy wzorca badanej przez nas właściwości (cechy) badanego obiektu, a jedynie opis (model matematyczny) właściwości związanych (pokrewnych) z daną właściwością [13]. Wówczas na podstawie skutków wnioskujemy o przyczynie. Ponieważ przeważająca większość problemów rozwiązywanych obecnie przez metrologów dotyczy pomiaru właściwości nie posiadających wzorców, stąd obecnie zagadnienie problemu odwrotnego jest bardzo istotne. Pomocnym w rozwiązaniu problemu odwrotnego jest fakt, że algorytmizacja, symulacja przenika już do każdej dziedziny nauki, a coraz to szybsze komputery pozwalają na ukazanie i eliminację błędnych koncepcji pomiaru [14, 15].

11. ZAKOŃCZENIE

Do podstawowych założeń naszej nauki należy to, że o pomiarach mówimy językiem mającym zasadniczo taką samą strukturę jak ten, którym mówimy o doświadczeniach życia powszedniego. Nauczyliśmy się, że język ten jest bardzo niedoskonałym instrumentem orientacji i porozumienia. Instrument ten jest jednak jednocześnie założeniem naszej nauki.

(N. Bohr)

Metrologia, mimo że skrywa w gąszczu swoich różnych zbiorów terminologicznych nie zawsze łatwe do zrozumienia dla nas fakty, to swoimi koncepcjami ukazuje intelektualne uroki naszej działalności. Upływający czas ukazuje nam, że niektóre metrologiczne koncepcje były niepełne lub wręcz chybione. Ciągłe poszukiwanie nowych systematyk (uogólnień), celem których jest prostsze, a zarazem pełniejsze ukazanie otaczającej nas rzeczywistości jest tym wtórnym myśleniem, dzięki któremu każda nauka może żyć.

Metrologia, jako zbiór faktów teoretycznych i empirycznych weryfikujących ludzkie hipotezy, jest nauką łączącą w sobie osiągnięcia wielu nauk podstawowych od fizyki, matematyki poczynając, a na cybernetyce, informatyce, teorii chaosu kończąc [5, 8, 9, 13, 32-34, 46, 47, 50].

Istotnym jest fakt, że jest ona tworem ludzkiego umysłu niosącego w sobie wartości kulturowe, w których nieograniczona żądza poznania,

estetyka, pomysłowość, wyobraźnia, pedanteria, skromność stanowią elementy twórczego myślenia. Przewaga intelektualnych osiągnięć w danej dziedzinie nauki nad jej rutynowymi badaniami i technicznymi osiągnięciami stanowi podstawowy element jej cywilizacyjnego rozwoju.

W pracy tej pragnęłam pokazać, że metrologia ma swoje zagadnienia podstawowe i że jest ona tą intelektualną nadbudową miernictwa, dzięki której może się ono rozwijać i swoimi technicznymi wynalazkami przenikać do nowych osiągnięć nauki.

Jestem przekonany, że czas zweryfikuje i zastąpi prezentowane tu koncepcje innym, głębszym i ogólniejszym spojrzeniem na miarę intelektualnych osiągnięć kolejnego stulecia.

LITERATURA

- [1] B. Ellis, *Basic Concepts of Measurement* (Cambridge University Press, Cambridge, 1966).
- [2] L. Finkelstein, "Fundamental Concepts of Measurement", in *Acta IMEKO VI*, (IMEKO, 1973), 11–18.
- [3] L. Finkelstein, "Representation by symbols as an extension of the concept of measurement", *Kybernetes* **4**, 215–223 (1972).
- [4] L. Finkelstein, "Fundamental concepts of measurement: definition and scales", *Measurement and Control* **8**, 105–111 (1975).
- [5] P. Suppes and J.L. Zinnes, "Basic measurement theory", in *Handbook of Mathematical Psychology*, R.D. Luce, R.R. Bush, and E. Galanter, eds. (Wiley, New York, 1965).
- [6] L. Finkelstein, "Instrument science: introductory article", *Journal of Physics E: Scientific Instruments* **10**, 566–572 (1977).
- [7] L. Finkelstein, M. El-hami, and R. Ginger, "Conceptual design of instrument systems utilizing physical laws", *Measurement* **23**, 9–13 (1998).
- [8] E. Hutten, *The Ideas of Physics* (Oliver and Boyd, London, 1967).
- [9] E. Hutten, *The Language of Modern Physics* (George Allen And Unwin Ltd., 1956).
- [10] **J. Mroczka**, "Turbidimetric methods in particle sizing", in *Digest of the 12th Triennial World Congress of the International Measurement Confederation (IMEKO)*, (Beijing, China, 1991), II–109.
- [11] **J. Mroczka**, "Integral transform technique in particle sizing", in *Digest of the 12th Triennial World Congress of the International Measurement Confederation (IMEKO)*, (Beijing, China, 1991), II–125.
- [12] **J. Mroczka**, "Method of Moments in Light Scattering Data Inversion in the Particle Size Distribution", *Optics Communications* **99**, 147–151 (1993).

- [13] **J. Mroczka** and D. Szczuczyński, "Inverse problems formulated in terms of first-kind Fredholm integral equations in indirect measurements", *Metrology and Measurement Systems* **16**, 333–357 (2009).
- [14] **J. Mroczka** and D. Szczuczyński, "Improved regularized solution of the inverse problem in turbidimetric measurements", *Applied Optics* **49**, 4591–4603 (2010).
- [15] **J. Mroczka** and D. Szczuczyński, "Simulation research on improved regularized solution of inverse problem in spectral extinction measurements", *Applied Optics* **51**, 1715–1723 (2012).
- [16] **J. Mroczka** and D. Szczuczyński, "Improved technique of retrieving particle size distribution from angular scattering measurements", *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* **129**, 48–59 (2013).
- [17] F. Onofri, M. Krzysiek, S. Barbosa, V. Messenger, K.F. Ren, and **J. Mroczka**, "Near-critical-angle scattering for the characterization of clouds of bubbles: particular effects", *Applied Optics* **50**, 5759–5769 (2011).
- [18] M. Czerwiński, **J. Mroczka**, T. Girasole, G. Gouesbet, and G. Gréhan, "Light-transmittance predictions under multiple-light-scattering conditions. Pt. 1. Direct problem: hybrid-method approximation.", *Applied Optics* **40**, 1514–1524 (2001).
- [19] M. Czerwiński, **J. Mroczka**, T. Girasole, G. Gouesbet, and G. Gréhan, "Light-transmittance predictions under multiple-light-scattering conditions. Pt. 2. Inverse problem: particle size determination", *Applied Optics* **40**, 1525–1531 (2001).
- [20] T. Guszowski and **J. Mroczka**, „Metoda inwersyjna wykorzystująca sztuczną sieć neuronową w turbidymetrii spektralnej.”, in *Metrologia wspomagana komputerowo. MWK, 2003. VI Szkoła - konferencja.*, (Instytut Podstaw Elektroniki Wydział Elektroniki WAT, Waplewo, 2003), 29–34.
- [21] T. Girasole, H. Bultynck, G. Gouesbet, G. Gréhan, F. Le Meur, J.N. Le Toulouzan, **J. Mroczka**, K.F. Ren, C. Roze, and D. Wysoczański, "Cylindrical fibre orientation analysis by light scattering: Part 1: Numerical aspects", *Particle & Particle Systems Characterization* **14**, 163–174 (1997).
- [22] T. Girasole, G. Gouesbet, G. Gréhan, J.N. Le Toulouzan, **J. Mroczka**, K.F. Ren, and D. Wysoczański, "Cylindrical fibre orientation analysis by light scattering: Part 2: Experimental aspects", *Particle & Particle Systems Characterization* **14**, 211–218 (1997).
- [23] T. Girasole, J.N. Le Toulouzan, **J. Mroczka**, and D. Wysoczański, "Fiber orientation and concentration analysis by light scattering: experimental setup and diagnosis", *Review of Scientific Instruments* **68**, 2805–2811 (1997).
- [24] **J. Mroczka**, D. Wysoczański, and F. Onofri, "Optical parameters and scattering properties of red blood cells", *Optica Applicata* **32**, 691–700 (2002).
- [25] K. Skorupski and **J. Mroczka**, "Effect of the necking phenomenon on the optical properties of soot particles", *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* **141**, 40–48 (2014).

- [26] K. Skorupski, **J. Mroczka**, N. Riefler, H. Oltmann, S. Will, and T. Wriedt, "Impact of morphological parameters onto simulated light scattering patterns", *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* **119**, 53–66 (2013).
- [27] M. Woźniak, F. Onofri, S. Barbosa, J. Yon, and **J. Mroczka**, "Comparison of methods to derive morphological parameters of multi-fractal samples of particle aggregates from TEM images", *Journal of Aerosol Science* **47**, 12–26 (2012).
- [28] T. Wojtaszek and **J. Mroczka**, "Light scattering simulations of spheroids using three beams phase Doppler system", in *XVIII IMEKO World Congress Metrology for a Sustainable Development*, (Rio de Janeiro, Brazil, 2006).
- [29] G. Świrniak, G. Głomb, and **J. Mroczka**, "Inverse analysis of the rainbow for the case of low-coherent incident light to determine the diameter of a glass fiber", *Applied Optics* **53**, 4239–4247 (2014).
- [30] G. Świrniak, G. Głomb, and **J. Mroczka**, "Inverse analysis of light scattered at a small angle for characterization of a transparent dielectric fiber", *Applied Optics* **53**, 7103–7111 (2014).
- [31] G. Świrniak and **J. Mroczka**, "Approximate solution for optical measurements of the diameter and refractive index of a small and transparent fiber", *Journal of the Optical Society of America A* **33**, 667–676 (2016).
- [32] R.O. Kapp, *The Presentation of Technical Information* (Constable and Co., London, 1948).
- [33] J.E. Nelson, "Trends in instrumentation", in *WESCON 76 Conference, Session 24*, (1976).
- [34] S.S. Stevens, "On the theory of the scales of measurement", *Science* **103**, 677–680 (1946).
- [35] **J. Mroczka**, "The cognitive process in metrology", *Measurement* **46**, 2896–2907 (2013).
- [36] B. Russell, *Human Knowledge, Its Scope and Limits* (Simon and Schuster, New York, 1948).
- [37] J. Pfanagl, *Theory of Measurement* (Physica-Verlag, Würzburg-Wien, 1968).
- [38] C. Piron, *Foundations of Quantum Physics*, *Frontiers in Physics* (W.A. Benjamin, Inc., 1976).
- [39] J. von Neumann, *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics* (Princeton University Press, Princeton, 1955).
- [40] W. Heisenberg, *Wandlungen in der Grundlagen der Naturwissenschaft* (Hirzel Verlag, Leipzig, 1943).
- [41] F.S. Roberts, *Measurement Theory, with Applications to Decisionmaking, Utility, and the Social Sciences* (Addison Wesley, Reading, MA, 1979).
- [42] H. Primas, *Chemistry, Quantum Mechanics and Reductionism*, *Lecture Notes in Chemistry* (Springer-Verlag, Heidelberg, 1981), Vol. 24.
- [43] E. Prugovečki, *Quantum Mechanics in Hilbert Space* (Academic Press, New York, 1981).
- [44] J. Barzykowski, ed., *Współczesna metrologia: zagadnienia wybrane* (Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2004).

- [45] R.Z. Morawski, "Application-oriented approach to mathematical modelling of measurement processes", in *Joint International IMEKO Symposium*, (Jena, Germany, 2011).
- [46] C.H. Coombs, H. Raiffa, and R.M. Thrall, "Some views on mathematical models and measurement theory", *Psychological Review* **61**, 132-144 (1954).
- [47] L. Finkelstein and R.D. Watts, "Mathematical models of instruments-fundamental principles", *Journal of Physics E: Scientific Instruments* **11**, 841-855 (1978).
- [48] J. Schwartz, "The Pernicious Influence of Mathematics on Science", in *Journal of Philosophy*, 1962), 356-360.
- [49] W. Stegmüller, *Theorie und Erfahrung* (Springer Verlag, Berlin, 1970).
- [50] C.W. Churchman and P. Ratoosh, eds., *Basic Concept of Measurements* (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1959).