



# PROFUNDERE SCIENTIAM

nr 10 maj 2014

BIULETYN CENTRUM STUDIÓW ZAAWANSOWANYCH POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

## Komórki macierzyste w medycynie regeneracyjnej

Profesor Maciej Kurpisz, autor odczytu z cyklu  
*Konwersatorium Politechniki Warszawskiej*

Aseksualne rozmnażanie w postaci klonowania położyło podwaliny pod definicje i hierarchizację komórek macierzystych, zwłaszcza w aspekcie ich toti- i pluripotencjalności. Totipotencjalność jest do tej pory zawarowana wyłącznie dla komórek wczesnych stadiów zarodkowych i wyłącza się po kilkudziesięciu godzinach od zapłodnienia, natomiast pluripotencjalność stała się podłożem ideologicznych dyskusji w początkach wieku, czy występuje ona jedynie w komórkach zarodkowych lub też czy może wystąpić w niektórych niszach u dorosłych ssaków. Jak dotąd nie ma jednoznacznego poglądu co do pluripotencjalności komórek somatycznych u człowieka, jakkolwiek przeprogramowanie genetyczne dorosłej komórki organizmu za pomocą 4. kluczowych genów jest możliwe (Nagroda Nobla za 2012 rok dla Johna B. Gurдона i Shinya Yamanaki). Jednakże brak naturalnych komórek pluripotencjalnych w organizmie dorosłym spowodował gwałtowne zainteresowanie komórkami embrionalnymi, prowokując spór światopoglądowy co do słuszności ich wykorzystania terapeutycznego, w zamian za rozwój samego zarodka. Poszczególne kraje

zajmujące się tą tematyką uchwały wkrótce swoje legislacje odnoszące się do tego problemu. Unia Europejska

„...na świecie nie odbyło się dotąd żadne wytworzenie osobnika ludzkiego drogą klonowania...”

generalnie zakazała eksperymentu na komórkach embrjonalnych powyżej 7. dnia po zapłodnieniu, nie zezwalając na tzw. klonowanie reprodukcyjne a jedynie na klonowanie terapeutyczne. Warto zaznaczyć, że na świecie nie odbyło się dotąd żadne klonowanie reprodukcyjne (wytworzenie osobnika

(CIAĞ DALSZY NA S. 4)

### W NUMERZE

między innymi:

- *Komórki macierzyste w medycynie regeneracyjnej* – profesor Maciej Kurpisz (s. 1)
- *Bądźcie ambitni* – rozmowa z profesorem Keizo Yamaguchim (s. 1)
- *Słyszenie poprzez kości* – profesor Tomasz Łętowski (s. 10)
- *Stypendyści Centrum o sobie i swojej pracy* (s. 12)
- *Kriogenika dla fizyki, techniki i medycyny* – profesor Maciej Chorowski (s. 19)

### BĄDŹCIE AMBITNI

*Rozmowa z profesorem Keizo Yamaguchim, Rektorem Uniwersytetu Hokkaido w Japonii*

**Ewa Stefaniak:** Czy pana praca naukowa ucierpiła, odkąd został pan wybrany na stanowisko rektora Uniwersytetu Hokkaido?

**Keizo Yamaguchi:** ... (śmiech) ... Matematycy potrzebują czasu na swoją pracę naukową i w tym sensie na pewno nie mogę całkowicie poświęcić się nauce. Mam wiele obowiązków związanych z piastowanym stanowiskiem.

**ES:** Czy rektor-matematyk wspiera Wydział Matematyki w jakiś szczególny sposób? Czy jednak kieruje się pan bezwzględnym obiektywizmem względem wszystkich jednostek?

**KY:** To trudne pytanie. Próbuje dzielić swoją uwagę sprawiedliwie, chociaż dobro Wydziału Matematyki leży mi na sercu... Trudne pytanie...

(CIAĞ DALSZY NA S. 7)

## DZIAŁALNOŚĆ CENTRUM STUDIÓW ZAAWANSOWANYCH PW

czyli najważniejsze wydarzenia z ostatniego półrocza i najbliższe plany CSZ

### WYKŁADY UOSZ 2013/2014

Wraz z początkiem października ruszyła Uczelniana Oferta Studiów Zaawansowanych na rok akademicki 2013/2014. W semestrze zimowym przeprowadzono sześć wykładów podstawowych oraz cztery wykłady specjalne. W semestrze letnim uruchomiono natomiast pięć wykładów podstawowych i osiem wykładów specjalnych. W skład bogatej oferty dydaktycznej Centrum weszły również zupełnie nowe propozycje tj.:

- *Geometria różniczkowa jako narzędzie nauk przyrodniczych, cz.1 i 2*, prof. Jerzego Kijowskiego z Centrum Fizyki Teoretycznej Polskiej Akademii Nauk;
- *Jak działa Wszechświat?*, prof. Marka Demiańskiego z Uniwersytetu Warszawskiego;
- *Rezonans magnetyczny w zastosowaniach biomedycznych* prowadzony przez badaczy z Politechniki Warszawskiej oraz Instytutu Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej Polskiej Akademii Nauk;
- *Filozofia umysłu, poznania i działania: wybrane zagadnienia*, dr. Tadeusza Ciecierskiego z Uniwersytetu Warszawskiego;
- *Teoria automatów i języków formalnych: studium praktyczne*, prof. Władysława Homendy z Politechniki Warszawskiej;
- *Optyczne metody badań i pomiarów obiektów inżynierskich i biologicznych*, prof. Małgorzaty Kujawińskiej z Politechniki Warszawskiej;
- *Teoria katastrof*, prof. Stanisława Janeczko z Politechniki Warszawskiej.

Całą ofertę wykładów w roku akademickim 2013/2014 można prześledzić na stronie 32.

### WYKŁADY PROFESORÓW WIZYTUJĄCYCH

W okresie od października 2013 do kwietnia 2014, gościliśmy 14. wybitnych uczonych z ośrodków zagranicznych, którzy wygłosili ponad 70 godzin wykładów (s. 9).

### WARSZTATY NAUKOWE CSZ

Ósme warsztaty CSZ odbyły się w dniach 25-27 października 2013 r. w Sterdyni. W trakcie spotkania stypendyści mieli możliwość prezentacji swoich projektów naukowo-badawczych.

Wśród uczestników znaleźli się również wybitni przedstawiciele kadry naukowej PW (s. 31).

### NAUKOWE STYPENDIA WYJAZDOWE DLA DOKTORANTÓW I NAUCZYCIELI AKADEMICKICH PW

4 listopada 2013 r. ogłoszono ostatnią, szóstą edycję konkursów na naukowe stypendia wyjazdowe dla doktorantów (CAS/33/POKL) i nauczycieli akademickich (CAS/34/POKL) PW. Wśród laureatów konkursów znalazło się 23. doktorantów oraz 20. nauczycieli akademickich Politechniki Warszawskiej. Stypendia są współfinansowane przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

### KONWERSATORIUM – ODCZYTY

Na przestrzeni ostatnich miesięcy zorganizowano cztery odczyty w ramach Konwersatorium PW. Wykłady ogłosili:

- prof. Andrzej Wróbel z Instytutu Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego Polskiej Akademii Nauk – *Mózg a świadomość*;
- prof. Maciej Kurpisz z Instytutu Genetyki Człowieka Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu – *Komórki macierzyste – perspektywy zastosowania w medycynie regeneracyjnej*;
- prof. Andrzej Kajetan Wróblewski z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego – *Niezwykły rok 1913?*;
- prof. Franck Leprévost, Vice-President Organisation & Int'l Relations, University of Luxembourg – *From Doctor Zhivago to the Riemann Hypothesis*.

### SZKOLENIE DLA DOKTORANTÓW PW

W październiku i listopadzie 2013 r. odbyły się dwa bezpłatne szkolenia dla doktorantów PW współfinansowane przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego. Tematyka spotkań obejmowała efektywne techniki zarządzania informacją oraz komunikację interpersonalną i kreowanie wizerunku. W każdym ze szkoleń wzięło udział 12. doktorantów.

### SYMPOZJUM TOPTECHNIKA

Centrum Studiów Zaawansowanych PW przy współpracy z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju zapoczątkowało nowy projekt – Topotechnika. Celem przedsięwzięcia jest

przybliżenie środowisku akademickiemu najnowszych osiągnięć techniki poprzez wystąpienia wybitnych naukowców – praktyków z renomowanych instytucji i firm. Cykl sympozjów zainicjowało listopadowe spotkanie z prof. Tadeuszem Uhlem, kierownikiem Katedry Robotyki i Mechatroniki w Akademii Górniczo-Hutniczej zatytułowane *Zdalne systemy monitorowania stanu konstrukcji – praktyczne doświadczenia w komercjalizacji wyników badań naukowych*. Kolejne wykłady w ramach tej inicjatywy zaprezentowali: prof. Maciej Choroński z Instytutu Inżynierii Lotniczej, Procesowej i Maszyn Energetycznych Politechniki Wrocławskiej – *Kriogenika dla fizyki, techniki i medycyny* (s. 19) oraz prof. Bartosz Andrzej Grzybowski, K. Burgess Professor, Center Director Northwestern University and DoE Non-Equilibrium Research Center – *Chemica: an Automatic Chemist for the 21st Century*.

### WYDAWNICTWA

W listopadzie 2013 r. opublikowano piąty numer anglojęzycznego Newslettera. Natomiast w grudniu 2013 r. ukazał się ósmy numer z serii Lecture Notes – nauki ścisłe, autorstwa prof. Jonathana D. H. Smitha pt. *On the Mathematical Modeling of Complex Systems*.

### DLA UCZNIÓW I STUDENTÓW LAT I-III

Centrum cyklicznie organizuje wykłady otwarte dla młodzieży z serii *Academia Scientiarum Principium*. Jest również, wraz z Krajowym Funduszem na rzecz Dzieci, współorganizatorem warsztatów dedykowanych szczególnie uzdolnionym młodym miłośnikom matematyki. Informacje na temat tego, co działo się w tym zakresie w ostatnich miesiącach, znajdują się na stronie 30.

### DODATKOWE KONKURSY NA STYPENDIA WYJAZDOWE

W związku z dodatkowymi środkami na realizację programu stypendiów wyjazdowych, 17 lutego br. zostały ogłoszone konkursy dla doktorantów (CAS/35/POKL) i nauczycieli akademickich (CAS/36/POKL). Komisja Konkursowa rozpatrzyła 27 wniosków doktorantów i 9 wniosków nauczycieli akademickich. Finansowanie na realizację swoich programów naukowo-badawczych w jednostkach zagranicznych otrzymało 15. doktorantów i 7. nauczycieli akademickich.



↑ Uczestnicy uroczystości wręczenia listów gratulacyjnych stypendystom Centrum - 27 lutego 2014 r.

## MEDAL MŁODEGO UCZONEGO PW

24 lutego 2014 r. dr Szymon Kozłowski z Obserwatorium Astronomicznego, Wydziału Fizyki UW został uhonorowany Medalem Młodego Uczzonego za opracowanie nowatorskiej metody identyfikacji i odkrycie kilkuset kwazarów leżących poza obłokami Magellana. Wyróżnienie to zostało przyznane już po raz siódmy.

## UROCZYSTOŚĆ WRĘCZENIA LISTÓW GRATULACYJNYCH STYPENDYSTOM CENTRUM

27 lutego 2014 r. odbyła się uroczystość wręczenia listów gratulacyjnych tegorocznym stypendystom. Wręczenia dokonał JM Rektor PW, prof. Jan Szmidt. Spotkanie uświetnił wykład jednego ze stypendystów Centrum, prof. Adama Kisiela z Wydziału Fizyki PW, członka eksperymentu ALICE w CERN, pt. *Badania na Wielkim Zderzaczu Hadronów w CERN i Nagroda Nobla z fizyki 2013*.

## KONWERSATORIUM – SEMINARIUM SPECJALISTYCZNE

W semestrze letnim 2014 r., poza bogatą ofertą wykładów, jest realizowany cykl seminariów specjalistycznych pod wiodącym tytułem *Problemy, metody i obliczenia wielkoskalowe oraz wyzwania informatyki obsługującej takie zadania*. Seminarium jest współorganizowane przez Centrum Studiów Zaawansowanych oraz Centrum Informatyzacji PW. Łącznie zaplanowano osiem spotkań o zaawansowanej tematyce.

Szczegółowy plan spotkań jest dostępny na stronie internetowej CSZ.

## PLANY

### WARSZTATY NAUKOWE CSZ

Wiosenne Warsztaty Naukowe odbędą się w dniach 23-25 maja 2014 r. w urokliwym Pałacu Ossolińskich w Sterdyni. Inicjatywa ta adresowana jest przede wszystkim do stypendystów CSZ.

### SPOTKANIE RADY PROGRAMOWEJ CENTRUM

26 maja 2014 r. odbędzie się kolejne spotkanie Rady Programowej. Jednym z jego celów będzie omówienie i zaakceptowanie Uczelnianej Oferty Studiów Zaawansowanych na rok akademicki 2014/2015.

### WYDAWNICTWA

W najbliższych miesiącach zostanie wydany dziewiąty numer z serii *Lecture Notes* - nauki ścisłe, autorstwa prof. Irminy Herbut i prof. Marii Mozyńskiej, pt. *Narzędzia geometrii*.

W maju 2014 r. ukaże się szósty numer anglojęzycznego Newslettera.

Zapraszamy do zapoznania się całą ofertą wydawniczą na naszej stronie <http://www.csz.pw.edu.pl/> Wydawnictwa

### SYMPOZJUM TOPTECHNIKA

Czwarte sympozjum z cyklu *Topotechnika* odbędzie się 29 maja 2014 r. Gościem Centrum Studiów Zaawansowanych PW oraz Narodowego Centrum Badań i Rozwoju będzie Marek Darecki, prezes WSK „PZL-Rzeszów” S.A., Pratt & Whitney Poland, Stowarzyszenia „Dolina Lotnicza” który wygłosi

wykład pt. *Silnik turbowentylatorowy z przekładnią – rewolucja na rynku napędów lotniczych*. Spotkanie odbędzie się o godzinie 16:15 w sali 134 Gmachu Głównego PW. Podczas wykładu będzie można obejrzeć animację 3D wewnętrznej budowy silnika turbowentylatorowego z przekładnią w zestawieniu z budową konwencjonalnego napędu.

### CAS WORKSHOP

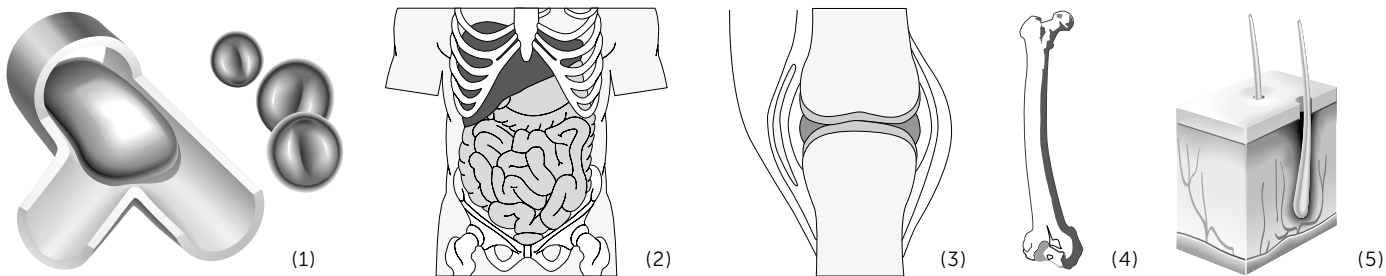
Na początku czerwca 2014 r. zaplanowano pierwszy CAS Workshop pod przewodnim tytułem *Singularity and related topics*. Celem przedsięwzięcia jest skupienie specjalistów pracujących w zakresie zastosowań teorii osobliwości i analizy. W programie przewidziane są cykle wykładów plenarnych profesorów wizytujących PW oraz gości specjalnych. Idea ta kierowana jest do studentów, doktorantów oraz kadry akademickiej z PW i innych jednostek badawczych. Wydarzenie uświetnią znamienici goście z ośrodków zagranicznych.

Kolejny CAS Workshop - *Caustics and singularities* zaplanowano na początek lipca 2014 r.

### SZKOLENIA DLA DOKTORANTÓW

W semestrze zimowym 2014/2015 planowane są ostatnie szkolenia dla doktorantów PW w ramach realizacji Programu Rozwojowego Politechniki Warszawskiej. Tematyka szkoleń została podana w późniejszym terminie.

Anna Żubrowska  
Małgorzata Żelińska



↑ Rys. 1A. Narządy o wysokim stopniu regeneracji: (1) krew, (2) jelito, (3) chrząstka, (4) kość, (5) skóra

ludzkiego drogą klonowania), natomiast niektóre kraje rozszerzyły możliwości eksperymentalne na komórkach zarodkowych aż do 14. dnia po zapłodnieniu (Wielka Brytania), najmniejszą ochroną legislacyjną otoczono zarodek w Izraelu, natomiast w Korei Południowej nie istnieje żaden zakaz krajowy, a lokalne komisje etyczne rozstrzygają o zasadności eksperymentu, nawet z ludzkimi komórkami zarodkowymi na podstawie indywidualnych projektów naukowych.

Obecnie hierarchia komórek macierzystych rozpoczyna się od absolutnej plastyczności (komórki totipotencjalne) poprzez komórki pluripotencjalne (różnicujące się w kierunku wszystkich listków zarodkowych, tj. wszystkich organów i narządów za wyjątkiem łożyska), multipotencjalne (u człowieka są to np. komórki szpikowe dające początek liniom komórkowym w obrębie jednego tylko listka zarodkowego), wreszcie w obrębie tzw. rezerwuaru tkankowego wyodrębnia się ukierunkowane komórki macierzyste (niektóre z nich cechują się samoodnawialnością), które mogą różnicować się w dwie linie (bipotencjalne) lub jedną linię komórkową (unipotencjalne).

Transróżnicowanie komórkowe stało się jednym z najbardziej gorąco dyskusowanych tematów (upodobnienie się fenotypowe zaimplantowanej komórki macierzystej do komórki narządu biorczego bez uprzedniej replikacji DNA). Istnieją argumenty na transróżnicowanie komórkowe na poziomie gryzoni, jednak bez przekonujących dowodów u naczelnych. Dalsze materiały dowodowe uprawdopodobniły, że komórki wykazujące podobieństwo do komórek biorczych podlegały raczej fuzji niż transróżnicowaniu (u człowieka), ma to miejsce zwłaszcza przy implantowaniu komórek macierzystych pochodzenia szpikowego do wątroby, także przy transplantacji fragmentu wątroby [1].

Jednocześnie zakwalifikowano narządy do grup dobrze regenerujących się (krew, jelito, chrząstka, kość, skóra), jak i słabo regenerujących się

(ośrodkowy układ nerwowy, trzustka, serce rys. 1A,B). Wyznaczyło to naturalne pola dla prób klinicznych przyszłej medycyny regeneracyjnej.

Badania przedkliniczne poszczególnych podejść związanych z proregeneracyjnym działaniem komórek macierzystych objęły prawie wszystkie modele badawcze z udziałem zwierząt laboratoryjnych, zwłaszcza gryzoni (myszy, szczury, króliki), a także psy i świnię. Próbowano potencjał komórek macierzystych w regeneracji uszkodzeń układu nerwowego i chorobach neurodegeneracyjnych (choroba Parkinsona, Alzheimer, stwardnienie zanikowe boczne), mięśnia sercowego, wyseppek trzustkowych, uszkodzeń wzroku i narządów ruchu (ścięgien, tarczki międzykręgowych).

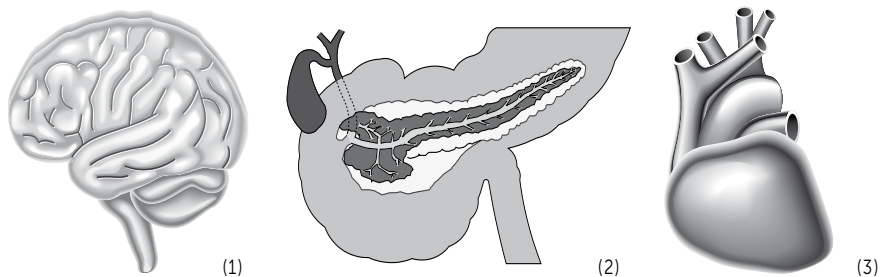
„Najczęściej stosowanymi w medycynie regeneracyjnej komórkami macierzystymi są nadal pochodne multipotencjalnych komórek szpikowych”

W badaniach przedklinicznych zaobserwowano istotną statystycznie regenerację istoty białej i szarej (ośrodkowy układ nerwowy) po podaniu oligodendrocytów różnicowanych *in vitro* z embrionalnych komórek macierzystych, co polepszyło funkcję ruchową - model

mysi [2], regenerację pozawałowego mięśnia sercowego po podaniu zróżnicowanych *in vitro* kardiomiocytów [3], co objawiło się poprawą funkcji skurczowej lewej komory. Regenerację siatkówki osiągnięto u transgenicznych myszy z upośledzonym wzrokiem, u których zaobserwowano reakcję na światło [4]. Należy też wspomnieć o próbach regeneracji rogówki u ludzi po zastosowaniu arkuszy komórek z wydzielniczego autologicznego (własnego) nabłonka jamy ustnej.

Obecnie najczęściej stosowanymi w medycynie regeneracyjnej komórkami macierzystymi są nadal pochodne multipotencjalnych komórek szpikowych, ostatnio są to komórki mezenchymalne oddziałujące neutralnie i/ lub supresyjnie na układ gospodarza przyjmującego takie komórki. Jest to uwarunkowane niską ekspresją antygenów zgodności tkankowej lub jej brakiem oraz wydzielaniem immunosupresyjnych cytokin (rodzina tzw. transformujących czynników wzrostu, TGF). Innym intensywnie eksploatowanym kandydatem ze strony komórek macierzystych jest mieszanina komórek tłuszczowych, które oprócz subtypów o charakterze mezenchymalnym, posiadają także populacje komórek o wyraźnym charakterze przeciwzapalnym, co powoduje wielokierunkowe działanie proregeneracyjne. Nadal intensywnie badane są regeneracyjne właściwości komórek pochodzenia mięśniowego ze względu na szeroki zakres chorób dotyczący tego właśnie podłoża, należą do nich choroby naczyniowo-sercowe, zwieracze narządowe, dystrofie i choroby narządów ruchu - wszystkie są chorobami cywilizacyjnymi i są trudno wyleczalne metodami medycyny konwencjonalnej.

W naszych próbach klinicznych przyjęliśmy model mioblasta, komórki satelitowej rezerwuaru mięśni szkieletowych, uaktywniającej się w trakcie urazu (lub zaniku) mięśniowego poprzez aktywację szeregu czynników transkrypcyjnych, finalnie doróżnicowujących te komórki w efektorowe miotuby o właściwościach kurczliwych.



↑ Rys. 1B. Narządy o niskim stopniu regeneracji:  
(1) ośrodkowy układ nerwowy, (2) trzustka, (3) serce

W dotychczasowych badaniach wykonaliśmy 3 próby kliniczne z zakresu regeneracji pozawałowego mięśnia sercowego. Pierwsze próby kliniczne z użyciem autologicznych (własnych)

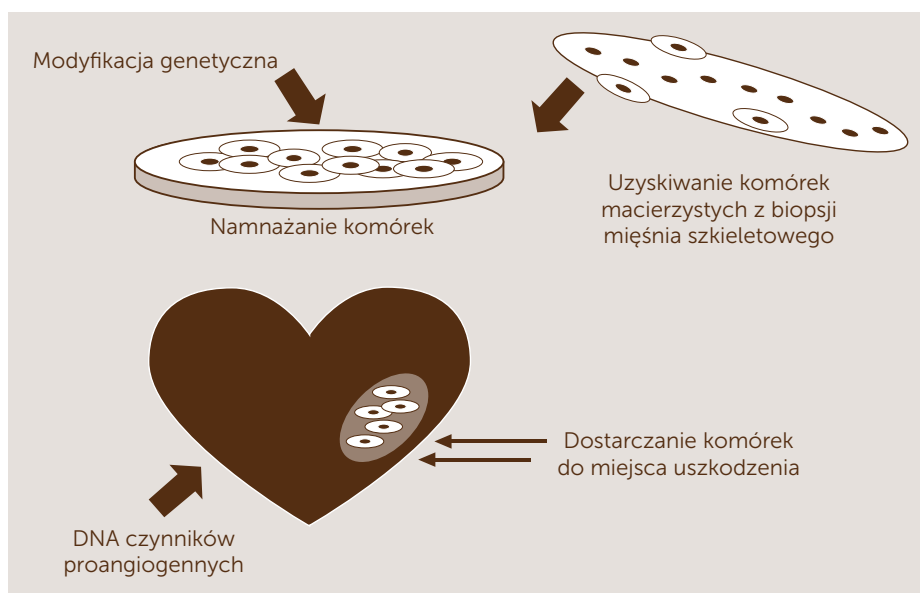
serca miały mioblasty, a jaką była rola poprawy perfuzji miokardium przez wprowadzone *by passy*, w następnych latach posługiwano się dosercowymi wszczepieniami samych mioblastów

## „W niedalekiej przyszłości spodziewamy się skokowego postępu medycyny regeneracyjnej wskutek stosowania m.in. drukowania 3-D arkuszy acelularnych”

mioblastów odbyły się na początku wieku, w latach 2001/2002, i polegały na wszczepianiu mioblastów wzdłuż blizny pozawałowej podczas zabiegów na otwartym sercu pomostowania aortalno-wieńcowego [5, 6]. W większości przypadków poprawiało to parametry hemodynamiczne serca mierzone echokardiograficznie wielkością tzw. frakcji wyrzutowej. Ponieważ nie można było jednak rozstrzygnąć, jaki udział w obserwowanej poprawie funkcji

(pozyskiwanych z mięśni szkieletowych) za pomocą systemu cewników i wewnątrznaczyniowych głowic ultradźwiękowych, co doprowadziło do opracowania pierwszych w świecie podać przezskórnych, przez dostęp z żyły wieńcowej, jednoznacznie dokumentując proregeneracyjne właściwości komórek macierzystych pochodzenia miogenego [7]. Ponieważ jednak pacjenci z kardiomiopatiami są bardzo wymagający i podatni na generowanie

↓ Rys. 2 Macierzyste komórki dla regeneracji serca po zawale



arytmii, zaś mioblasty jako takie nie mają funkcjonalnych kanałów (tzw. koneksonów) przewodzących bodziec skurczowy, co powoduje arytmie na styku komórek wszczepiane mioblasty – kardiomiocyty narządu biorczego, zdecydowano się na niezbędne modyfikacje genetyczne. Modyfikacje te polegają na wprowadzeniu szeregu genów, powodując ich nadekspresję w mioblastach ludzkich, m.in. jest to gen kodujący koneksynę 43, składnik strukturalny połączeń szczelinowych (warunkujących powstanie koneksonów), który zapewnił wygaszenie bodźców proarytmogennych. Obecnie trwają próby kliniczne z zastosowaniem genetycznie modyfikowanych mioblastów w grupie pacjentów *no option* z kardiomiopatią niedokrwienną. Pacjenci w grupie *no option* są schorowani, w podeszłym wieku i nie mają możliwości transplantacji serca ani innych operacji na sercu. Warto szczególnie podkreślić fakt, że pomimo gotowości u tych pacjentów do indukowania arytmii podawanie genetycznie modyfikowanych mioblastów jest całkowicie bezkarnie a zaimplantowane kardiowerytery-defibrylatory nie notują zwiększonej aktywności arytmogennej (schemat z sercem rys. 2).

Podjęto także okazjonalne próby z wszczepieniem mioblastów do pacjentów z kardiomiopatią o charakterze poza niedokrwiennym, które również zakończyły się pełnym sukcesem [8].

Równolegle prowadzone są w naszym ośrodku oraz współpracujących klinikach UJ w Krakowie próby regeneracji niewydolnego zwieracza odbytu [9]. Ponieważ choroba ta ma znaczny zakres epidemiologiczny, zwłaszcza u ludzi starszych, opanowanie tego schorzenia będzie miało niewątpliwie ważne znaczenie społeczne ze względu na poprawę jakości życia.

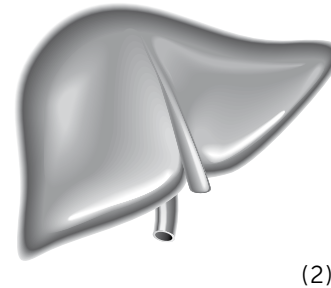
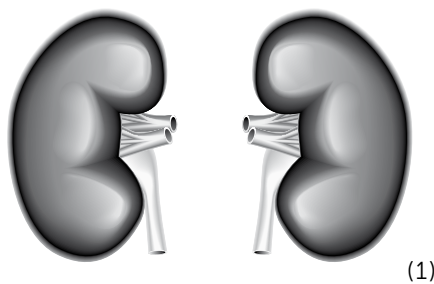
Do grupy niezwykle ważnych chorób cywilizacyjnych należą choroby ośrodkowego układu nerwowego, takie jak: choroba Alzheimera (u osób powyżej 65 roku życia, cechuje ją otępienie i dochodzi do zaniku kory mózgowej), choroba Parkinsona (dotyczy 1% populacji ludzkiej w wieku 40-60 lat, z powodu zmian zwyrodnieniowych komórek nerwowych, w tzw. istocie czarnej dochodzi do zaburzeń produkcji dopaminy), choroba Huntingtona (objawia się u osób w wieku 35-50 lat, choroba dziedziczna w której mutacja w genie kodującym powoduje brak produktu białkowego huntiginy, co objawia się zanikiem jąder ogoniastych

w istocie szarej kory mózgu i postępującym inwalidztwem) czy choroba rdzeniowego zaniku mięśni, która polega na degeneracji jąder przednich rdzenia kręgowego, co powoduje duży stopień niepełnosprawności ruchowej, a w zaawansowanej postaci – zgon. We wszystkich tych postaciach praktykuje się podawanie komórek macierzystych.

Dużym zainteresowaniem opinii publicznej cieszą się też próby leczenia przerwania ciągłości rdzenia kręgowego. Przerwanie ciągłości rdzenia wiąże się z uruchomieniem procesów prozapalnych powodujących apoptozę (wymuszoną śmierć) komórek neuronalnych, a także towarzyszących im komórek gębowych, co w konsekwencji prowadzi do demielinizacji, czyli rozpadu otoczki włókna nerwowego i braku przewodnictwa impulsów nerwowych. Badania z zastosowaniem mezenchymalnych komórek macierzystych i/lub implantowanych komórek węchowych do miejsca uszkodzenia kończą się mieszаныmi wynikami. Donosi się o stopniowej poprawie funkcji sensorycznych i motorycznych na przestrzeni 1-4 lat po implantacji, jednak tylko u tych pacjentów, u których nie nastąpiło całkowite zniesienie funkcji czuciowo-ruchowych [10] w wyniku urazu.

Pewien sukces zanotowano także w podawaniu mezenchymalnych komórek pochodzenia szpikowego [11] do przestrzeni subkomorowej w chorobie Parkinsona. Poprawę subiektywną i obiektywną wg indeksów oceny tej choroby oraz poboru leków, zaobserwowano u trzech spośród poddanych kuracji siedmiu pacjentów.

W niedalekiej przyszłości spodziewamy się skokowego postępu medycyny regeneracyjnej wskutek stosowania m.in. drukowania 3-D arkuszy



↑ Rys. 3 Przykładowe narządy wytwarzane na rusztowaniach kolagenowych w modelach zwierzęcych: (1) nerki, (2) wątroba

acelularnych, co będzie miało znaczenie w regeneracji powierzchni stawowych (chrząstek), czy też wytwarzania całkowitych narządów na rusztowaniach kolagenowych, które

są wytwarzane obecnie w modelach zwierzęcych (rys. 3), ale funkcjonują z 10-30% skutecznością w stosunku do narządów naturalnych.

## BIBLIOGRAFIA

1. Vassilopoulos G, Wang PR, Russell DW, *Transplanted bone marrow regenerates liver by cell fusion*, Nature, 2003; 422(6934):901-4.
2. Sharp J, Frame J, Siegenthaler M, Nistor G, Keirstead HS, *Human embryonic stem cell-derived oligodendrocyte progenitor cell transplants improve recovery after cervical spinal cord injury*, Stem Cells, 2010; 28(1):152-63.
3. van Laake LW, Passier R, Doevendans PA, Mummery CL, *Human embryonic stem cell-derived cardiomyocytes and cardiac repair in rodents*, Circ Res, 2008; 102(9):1008-10.
4. Lamba DA, Gust J, Reh TA, *Transplantation of human embryonic stem cell-derived photoreceptors restores some visual function in Crx-deficient mice*, Cell Stem Cell, 2009; 4(1):73-9.
5. Siminiak T, Kalawski R, Kurpisz M, *Myoblast transplantation in the treatment of postinfarction myocardial contractility impairment – a case report*, Pol Heart J 2002; 56(2):131-3.
6. Siminiak T, Kalawski R, Fiszer D, Jerzykowska O, Rzeźniczak J, Rozwadowska N, Kurpisz M, *Autologous skeletal myoblast transplantation for the treatment of postinfarction myocardial injury: phase I clinical study with 12 months of follow-up*, Am Heart J, 2004; 148(3):531-7.
7. Siminiak T, Fiszer D, Jerzykowska O, Grygielska B, Rozwadowska N, Kalmucki P, Kurpisz M, *Percutaneous trans-coronary-venous transplantation of autologous skeletal myoblasts in the treatment of post-infarction myocardial contractility impairment: the POZNAN trial*, Eur Heart J, 2005; 26(12):1188-95.
8. Sokal A, Przybylski R, Zembala M, Rozwadowska N, Bialas M, Lenarczyk R, Niklewski T, Miszański-Jamka K, Sredniawa B, Kurpisz M, *Autologous skeletal myoblasts transplantation in non-ischaemic cardiomyopathy – a case report*, Kardiol Pol 2010; 69(7): 614-6.
9. Romaniszyn M, Rozwadowska N, Nowak M, Malcher A, Kolanowski T, Walega P, Richter P, Kurpisz M, *Successful implantation of autologous muscle-derived stem cells in treatment of faecal incontinence due to external sphincter rupture*, Int J Colorectal Dis, 2013 28: 1035-6.
10. Saito F, Nakatani T, Iwase M, Maeda Y, Murao Y, Suzuki Y, Fukushima M, Ide C, *Administration of cultured autologous bone marrow stromal cells into cerebrospinal fluid in spinal injury patients: a pilot study*, Restor Neurol Neurosci, 2012; 30(2):127-36.
11. Venkataramana NK, Kumar SK, Balaraju S, Radhakrishnan RC, Bansal A, Dixit A, Rao DK, Das M, Jan M, Gupta PK, Totey SM, *Open-labeled study of unilateral autologous bone-marrow-derived mesenchymal stem cell transplantation in Parkinson's disease*, Transl Res, 2010; 155(2):62-70.



{ **Profesor Maciej Kurpisz**, kierownik Zakładu Biologii Rozrodu i Komórek Macierzystych Instytutu Genetyki Człowieka PAN w Poznaniu, pionier medycyny regeneracyjnej w Polsce, otrzymał liczne nagrody krajowe i zagraniczne za próby kliniczne poświęcone leczeniu z zastosowaniem komórek macierzystych pochodzenia mięśniowego. Jest członkiem wielu stowarzyszeń naukowych krajowych i zagranicznych, m.in.: American Society of Andrology, American Society for Reproductive Medicine, European Society for Reproductive Immunology, European Society for Anti-Aging Medicine, European Society of Cardiology, międzynarodowego jury Nagrody Royan International Award. Jest również ekspertem tzw. Faculty 1000 i ekspertem European Society for Anti-Aging Medicine. Ma na koncie ponad 350 publikacji w renomowanych naukowych czasopiśmie, w tym 6 pozycji książkowych. Łączna liczba cytowań (nie licząc autocytaowań) wszystkich dotychczasowych publikacji wg bazy Web of Sciences wynosi ponad 1900. Łączny *impact factor* publikacji wynosi ponad 270, a indeks Hirscha – 25. }

# „W Japonii jest obecnie 86 uniwersytetów państwowych i w obliczu dzisiejszych zjawisk demograficznych ta liczba jest zdecydowanie za duża”

ES: A może nie chce pan odpowiedzieć?

KY: ... (śmiech)... Wiele zależy też od kadry Wydziału, od tego, jaką postawę przejawiają, a bardzo często zdarza się, że matematycy w swoich działaniach nie kierują się szerszym kontekstem społecznym.

ES: Jaką rangę ma Uniwersytet Hokkaido? Jak wypada na tle innych japońskich uniwersytetów?

KY: Uniwersytet Hokkaido jest jednym z największych w kraju i z całą pewnością jego ranga oddziałuje na pozostałe jednostki szkolnictwa wyższego. Dodatkowo, jako rektor-matematyk, a muszę dodać, że matematycy rzadko mają szansę na tak zaszczytne stanowisko, jestem obiektem zainteresowania tych, którzy zastanawiają się, co też ten matematyk zamierza.

ES: A co ten matematyk zamierza?

KY: Kontynuuję pewien model zarządzania przyjęty ponad dekadę temu, gdy przeprowadzono bardzo radykalną reformę szkolnictwa wyższego, w wyniku której uniwersytety przeszły proces korporatyzacji. Obecnie realizuję drugi etap reformy. Kadencja rektora trwa 6 lat, zatem moja obejmie również realizację etapu trzeciego, dlatego jeden z moich priorytetów to wypracowanie celów realizowanych w trzecim etapie. W Japonii jest obecnie 86 uniwersytetów państwowych i w obliczu dzisiejszych zjawisk demograficznych ta liczba jest zdecydowanie za duża.

Mówi się o jej redukcji, która miałaby nastąpić w trzecim etapie wdrażania reformy. To dla mnie wyzwanie – jako rektor uczelni muszę znaleźć sposób, by tego losu nie podzielił Uniwersytet Hokkaido.

ES: Brzmi poważnie... Proszę powiedzieć, jak prezentuje się uczelnia.

KY: Mamy 12 wydziałów i to największą spośród istniejących uczelni państwowych. Studenci kształcą się na 4. wydziałach humanistycznych, 4. technicznych, 4. medycznych (lekarstkim, stomatologicznym, jak również na farmacji oraz weterynarii). Uczelnia specjalizuje się w naukach przyrodniczych, zresztą jestem zdania, że to właśnie one są kluczowe w XXI wieku, i że to na nie powinniśmy kłaść największy nacisk w procesie kształcenia. Jeśli chodzi o liczbę studentów, to przyjmujemy rocznie 2,5 tysiąca nowych, a całkowita liczba wszystkich studentów wynosi 10 tysięcy na studiach licencjackich i 8 tysięcy na studiach magisterskich. Oferujemy bogaty pakiet stypendialny, w tym stypendia socjalne, jak i naukowe dla najzdolniejszych i najbardziej ambitnych młodych naukowców.

ES: Czy absolwenci studiów magisterskich podejmują dalszą edukację? Czy Uczelnia umożliwia rozwój ścieżki naukowej, pracę na stanowiskach akademickich?

KY: Z tym jest pewien problem. Po zreformowaniu uczelni państwowych, o czym już wspominałem, również budżet uległ korekcie, i w efekcie dysponujemy mniejszymi środkami. Zmniejszenie budżetu nie pozostaje bez wpływu na młode pokolenie naukowców, którzy mogą pozostać na Uczelni jedynie czasowo (przez 3-5 lat), ale nie możemy zagwarantować im stałego zatrudnienia na etatach naukowo-dydaktycznych.

ES: Czy kierunki kształcenia oferowane na Uniwersytecie Hokkaido odzwierciedlają zapotrzebowanie na rynku pracy? Innymi

stowy, czy absolwenci łatwo znajdują zatrudnienie?

KY: Absolwenci studiów I i II stopnia stosunkowo szybko znajdują zatrudnienie (oczywiście nie mówię tu o stanowiskach akademickich). Gorzej radzą sobie doktoranci i doktorzy. Dlaczego? Wynika to z tradycyjnego modelu nauczania, w którym mistrzowie przekonywali swoich uczniów, by koncentrowali się jedynie na wąskim polu naukowym. Mistrzowie chcą w ten sposób wychować następców w danej dziedzinie. Taka postawa sprawdza się, gdy doktorant chce zostać na Uczelni jako wykładowca. Jednakże sprawa wygląda inaczej, jeśli weźmiemy pod uwagę zatrudnienie w sektorze nieakademickim. Pracodawcy niechętnie przyjmują kandydatów o bardzo zawężonym polu specjalizacji i bardzo często niemających umiejętności dostosowania się do wymagań i realiów danej firmy. Idealny kandydat to człowiek nie tylko wyposażony w niezbędną wiedzę, ale również odznaczający się szeroko rozwiniętymi umiejętnościami miękkimi. Niestety, z tymi bywa różnie u naszych doktorantów i doktorów. By to zmienić, stworzyliśmy program, którego celem jest uświadomienie studentom i absolwentom studiów III stopnia, jak ważne jest odpowiednie nastawienie w poszukiwaniu pracy. Organizujemy bezpośrednie spotkania przedstawicieli firm i naszych absolwentów/studentów. Takie targi pracy to świetna okazja na zaprezentowanie się, pokazanie z jak najlepszej strony w bezpośrednim kontakcie z potencjalnym pracodawcą. To moment, w którym weryfikuje się swój potencjał, mocne i słabe strony.

ES: Japońscy studenci są mało kreatywni, bezkrytycznie wykonują polecenia nauczycieli, nie wykazują inicjatywy własnej w prowadzonych pracach naukowo-badawczych. Prawda? Fałsz? Krzywdzący stereotyp?

KY: Wszystko to kwestia osobowości, ale prawdą jest, że w Japonii występuje obecnie zjawisko niżej

# „Model wychowawczy zakłada posłuszeństwo wobec rodziców, co potem konsekwentnie przenosi się na posłuszeństwo w stosunku do nauczycieli”

# „Jako uczelnia musimy stworzyć naszą osobowość, nasz unikalny charakter”

demograficznego. Przeważa model rodziny dwa plus jeden, a rodzice przejawiają znaczną nadopiekuńczość w stosunku do swoich dzieci. Efekty tego dostrzegamy wiele lat później, gdy te dzieci zaczynają studiować. W konsekwencji, studenci są niezaradni, ograniczeni w podejmowaniu samodzielnych decyzji, wycofani, nie myślą wielokierunkowo, brak im pewnej niezależności. Model wychowawczy zakłada posłuszeństwo wobec rodziców, co potem konsekwentnie przenosi się na posłuszeństwo w stosunku do nauczycieli. Tak ukształtowany człowiek trudno zmienia światopogląd, nie poddaje się łatwo naszym staraniom, które oczywiście czynimy, by otworzył się na świat, by wypracował i podążał własną ścieżką rozwoju, by patrzył na świat własnymi oczami, a nie oczami swoich rodziców czy nauczycieli.

**ES:** Czy studenci rzeczywiście potrafią rozwinąć skrzydła? W końcu motto uniwersytetu brzmi: „Bądźcie ambitni”.

**KY:** Tak, mamy sukcesy na tym polu, chociaż praca z poszczególnymi studentami raz jest łatwiejsza, raz trudniejsza. Dokładamy wszelkich starań, by zmotywować ich do poszukiwania własnych dróg. Co do motta uczelni, to uważam to za pewien sukces, że przesłanie dra Williama S. Clarka (założyciela i pierwszego rektora Uniwersytetu Hokkaido) jest bardzo znane wśród młodych Japończyków.

**ES:** Jak postrzega pan studentów zagranicznych? Czy szybko adaptują się do specyficznej kultury Dalekiego Wschodu?

**KY:** W mojej opinii głównym problemem jest bariera językowa, a panuje teraz silny trend internacjonalizacji uczelni. Aby otworzyć japońskie szkoły wyższe na świat, musimy spełniać pewne kryteria, na przykład prowadzić określoną liczbę zajęć w języku angielskim. W moim odczuciu japońskie uczelnie nie są dobrze przygotowane

na przyjęcie studentów z zagranicy. Na Uniwersytecie Hokkaido kształci się obecnie 1500 studentów na studiach II stopnia, ale jako osoby z tytułem licencjata, posiadają pewien zasób wiedzy specjalistycznej, a to znacznie ułatwia komunikację i edukację. Staraliśmy się zwiększyć liczbę studentów I stopnia i w tym celu opracowaliśmy program na wydziale humanistycznym, który zakłada przeprowadzenie zajęć w języku angielskim i dwuletni kurs z języka japońskiego, po ukończeniu którego studenci będą mogli uczyć się na przedmioty wykładane w moim rodzimym języku.

**ES:** Jaka przyszłość czeka Uniwersytet Hokkaido?

**KY:** Uczelnia musi zawalczyć o swój byt i tu podstawową kwestią jest zwiększenie konkurencyjności. Chcemy promować naszych naukowców, dać im możliwość dynamicznego rozwoju kariery naukowej. Jako uczelnia musimy stworzyć naszą osobowość, nasz wyjątkowy charakter. By to osiągnąć, nieodzowna jest ścisła współpraca pomiędzy wydziałami, którą zresztą zamierzam wspierać i koordynować. Jak już mówiłem, w ostatnich latach w centrum uwagi są nauki przyrodnicze i myślę, że należy opracować atrakcyjną ofertę dydaktyczną w tych kierunkach.

**ES:** Czy myśli pan, że matematyka to nieodłączny składnik umożliwiający zrozumienie innych dziedzin naukowych – pytam matematyka a nie rektora.

**KY:** Z całą pewnością. Jak pokazuje historia ludzkości, wielkie myśli matematyczne zostały docenione po bardzo długim czasie od ich ogłoszenia. Musiały minąć niekiedy nawet dwa lub trzy stulecia, by zaistniały w świadomości społeczeństwa. Pomimo że matematycy nie dbają o poklask, konieczna jest ich współpraca ze społeczeństwem. Czasem wystarczy kilku geniuszy, by dokonać prawdziwego przełomu, ale matematycy potrzebują wsparcia ludzi

którzy ich docenią. Powinniśmy uświadamiać specjalistów z innych dziedzin, że matematyka jest niezmiernie istotna również na ich polu działania, a matematycy powinni zasymilować się z szerszą społecznością naukową i przekazywać potencjał oraz wiedzę matematyczną.

**ES:** Czy to jest właśnie przyszłość dla matematyki? Być bardziej interdyscyplinarną?

**KY:** Zdecydowanie. Powinniśmy wpajać naszym uczniom, że oprócz czystej matematyki, są jeszcze inne dziedziny, w których znajduje ona zastosowanie, a nie-matematyków przekonywać, że podstawą działań badawczych powinna być właśnie matematyka.

**ES:** W bieżącym roku Politechnika Warszawska i Uniwersytet Hokkaido podpiszą porozumienie o współpracy. Jak nasze uczelnie mogą skorzystać na takim porozumieniu?

**KY:** Współpraca pomiędzy wydziałami matematyki ma już długoletnią historię. Myślę, że teraz przyszedł czas na budowanie i wzmacnianie relacji pomiędzy innymi jednostkami naszych Uczelni.

*Rozmawiała Ewa Stefanik*



{ **Profesor Keizo Yamaguchi**, wybitny matematyk, specjalista w zakresie geometrii różniczkowej. Swoją karierę akademicką w Hokkaido University rozpoczął w 1978 r. Przez następne lata zdobywał kolejne szczeble naukowe. Pełnił również wiele prestiżowych funkcji administracyjnych, w tym dziekana Graduate School of Science i prorektora uczelni. W kwietniu 2013 r. objął stanowisko rektora. }



## PROGRAM DLA PROFESORÓW WIZYTUJĄCYCH 2009-2015

*Profesorowie z całego świata prowadzą zajęcia na Politechnice Warszawskiej w ramach programu stypendialnego Centrum Studiów Zaawansowanych*

Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej kontynuuje program stypendialny dla profesorów wizytujących w ramach Programu Rozwojowego Politechniki Warszawskiej. Pomimo trudności wynikających z merytorycznego i technicznego skoordynowania pobytów osób tej rangi, na zaproszenie Centrum przyjechało 49. światowej klasy uczonych. Goście przeprowadzili już ponad 650 godzin wykładów w szerokim zakresie tematycznym.

W OSTATNICH MIAŚCACH GOŚCI CENTRUM BYLI:

- **prof. F. Matthias Bickelhaupt**, Department of Theoretical Chemistry, VU University Amsterdam, Holandia;
  - **prof. Adam Kowalczyk**, Victoria Research Laboratories, National ICT Australia (NICTA), The University of Melbourne, Australia;
  - **prof. Tomasz Łętowski**, U.S. Army Research Laboratory, USA;
  - **prof. Mircea Sofonea**, Laboratoire de Mathématiques et Physique, Université de Perpignan Via Domitia, Francja;
  - **prof. Takuo Fukuda**, Tokyo Institute of Technology & Department of Mathematics, Nihon University, Japonia;
  - **prof. Vyacheslav Sedych**, Department of Higher Mathematics, Russian State Gubkin University of Oil and Gas, Rosja;
  - **prof. Shuichi Izumiya**, Department of Mathematics, Faculty of Science, Hokkaido University, Japonia;
  - **prof. Ehrenfried Zschech**, Technical University Dresden & Fraunhofer IKTS Dresden, Niemcy;
  - **prof. Michael Giersig**, Department of Physics, Freie University Berlin, Niemcy;
  - **prof. Wojciech Knap**, University of Montpellier 2 & National Center for Scientific Research, Francja;
  - **prof. Franck Leprévost**, University of Luxembourg, Luksemburg;
  - **prof. Osamu Saeki**, Institute of Mathematics for Industry, Kyushu University, Japonia;
  - **prof. Maria Aparecida Soares Ruass**, ICMC- Universidade São Paulo, Brazylia.
- Do końca semestru letniego 2014 roku planowane są wizyty kolejnych gości:
- MAJ 2014**
- **prof. Gaetano Assanto**, Department of Electronic Engineering, University of Rome "Roma Tre", Włochy;
  - **prof. James Damon**, Department of Mathematics, The University of North Carolina, USA;
  - **prof. David Djurdo**, National Center for Scientific Research, Francja;
  - **prof. Adam Kowalczyk**, Victoria Research Laboratories, National ICT Australia (NICTA), The University of Melbourne, Australia;
  - **prof. Ilan Riess**, Physics Department, Technion Israel Institute of Technology, Izrael;
  - **prof. Maria del Carmen Romero Fuster**, Department of Geometry and Topology, University of Valencia, Hiszpania;
  - **prof. Joachim Rubinstein**, Department of Mathematics and Statistics, The University of Melbourne, Australia;
  - **prof. Meir Shillor**, Department of Mathematics and Statistics, Oakland University, USA;
  - **prof. Sabu Thomas**, School of Chemical Science, Centre for Nanoscience and Nanotechnology, Mahatma Gandhi University, Indie.
- CZERWIEC 2014**
- **prof. Bill Bruce**, Edge Hill University, Wielka Brytania;
  - **prof. Michael Berry**, H H Wills Physics Laboratory, University of Bristol, Wielka Brytania;
  - **prof. Joaquim Joao Judice**, Instituto de Telecomunicações, Polo de Coimbra, Portugalia;
  - **prof. Mutsuo Oka**, Tokyo Institute of Technology, Japonia;
  - **prof. Farid Tari**, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - USP, Brazylia;
  - **prof. Tam Kam Weng**, Faculty of Science and Technology, University of Macau, Chiny.

### LIPIEC 2014

- **prof. Gerd Rudolph**, Institute for Theoretical Physics, University of Leipzig, Niemcy.

### SIERPIEŃ 2014

- **prof. Keizo Yamaguchi**, Hokkaido University, Japonia;
- **prof. Tomoyoshi Shimobaba**, Chiba University, Japonia.

### WRZESIEŃ 2014

- **prof. Goo Ishikawa**, Department of Mathematics, Hokkaido University, Japonia;
- **prof. Seiji Kuroda**, National Institute for Materials Science, Japonia;
- **prof. Terence Langdon**, Department of Aerospace and Mechanical Engineering, University of Southern California, USA;
- **prof. Christopher Leckie**, Department of Computing and Information Systems, The University of Melbourne, Australia.

Szczegóły dotyczące wizyt naszych gości dostępne są na stronach:  
<http://www.csz.pw.edu.pl/Stypendia/>  
 Profesorowie-wizytujacy  
[http://www.konwersatorium.pw.edu.pl/oferta/v\\_lectures.html](http://www.konwersatorium.pw.edu.pl/oferta/v_lectures.html)

*Anna Żubrowska*

*Program stypendialny dla profesorów wizytujących jest współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.*

Dyrektor CSZ - profesor Stanisław Janeczko z profesorem Osamu Saekim i jego rodziną ↓



# Słyszenie poprzez kości

Profesor Tomasz Łętowski, profesor wizytujący Politechnikę Warszawską na zaproszenie Centrum Studiów Zaawansowanych

Dźwięki docierają do narządu słuchu dwiema drogami: powietrzną poprzez ucho zewnętrzne i środkowe oraz materiałową poprzez kości czaszki. Ta druga droga, choć znana od stuleci, nie jest drogą naturalną i nie była dotychczas praktycznie wykorzystywana do komunikacji. Rozwój komputerów i technik komunikacyjnych spowodowały jednak ostatnio wzrost zainteresowania słyszeniem kostnym zarówno od strony poznawczej, jak i w technologii przetwarzania dźwięku. Niniejszy esej podsumowuje obecny stan rozwoju tej dziedziny komunikacji.

Fale akustyczne wywołujące wrażenia słuchowe docierają do nas dwiema drogami – drogą powietrzną poprzez uszy ułożone quasi-symetrycznie na naszej głowie oraz poprzez kości czaszki. Małżowina uszna, a później kanał słuchowy ucha zewnętrznego, doprowadzają dźwięk do złożonego mechanicznego układu ucha środkowego, a poprzez nie do ucha wewnętrznego, w którym powstają reprezentujące dźwięk impulsy nerwowe. Obustronna odpowiedź neuronowa z obu uszu dociera do odpowiednich centrów odbiorczych mózgu, w których mają miejsce kolejne przetworzenia doprowadzające do powstania obrazów słuchowych, czyli tego co słyszymy – muzyki, mowy, hałasu, i ogólnie wszelkich obiektów dźwiękowych.

Drugą drogą docierania dźwięku do ucha wewnętrznego są drgania

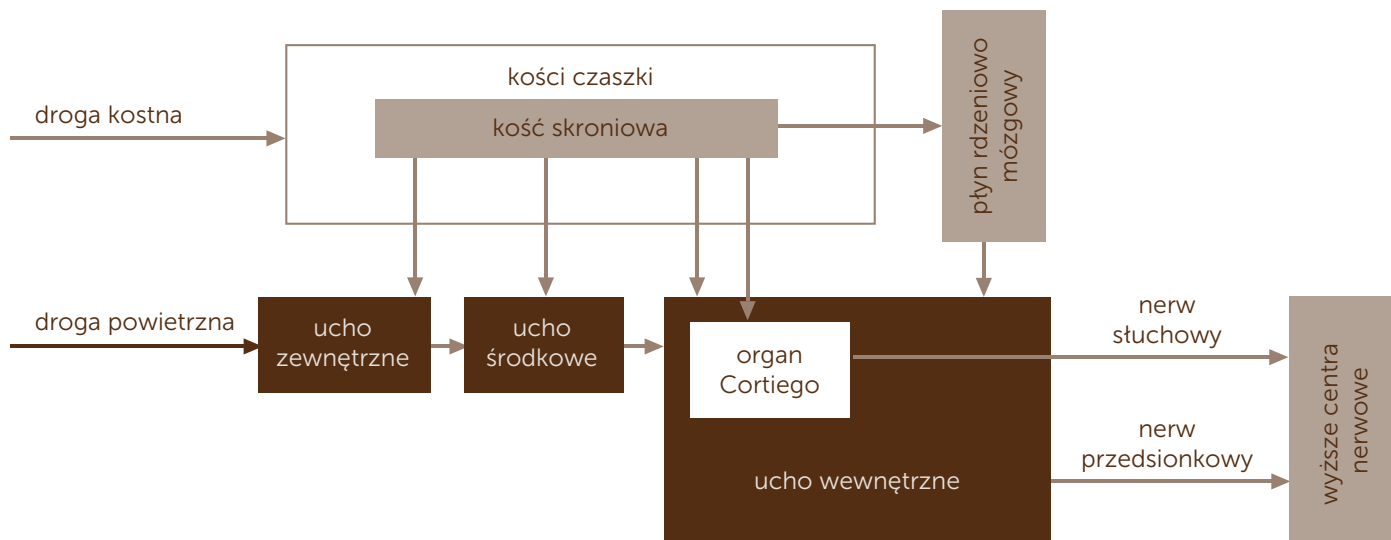
mechaniczne kości czaszki. Drgania czaszki wywołane falą akustyczną powodują pobudzenie ucha wewnętrznego w sposób podobny do tego, jaki ma miejsce przy dźwięku transmitowanym drogą powietrzną. W życiu codziennym nie słyszymy dźwięków odbieranych poprzez kości, ponieważ drgania naszej głowy wywołane falami akustycznymi są zbyt słabe dla wywołania zauważalnej reakcji słuchowej. Dźwięki odbierane drogą powietrzną są o około 60 decybeli silniejsze od dźwięków odbieranych drogą kostną, całkowicie maskując te ostatnie. Jeżeli jednak zewnętrzny przewod słuchowy jest niedrożny lub zasłonięty, np. przy stosowaniu ochronników słuchu, a dźwięki otoczenia są wystarczająco silne, to możemy je zauważyć i usłyszeć.

Znaczenie słyszenia kostnego w życiu człowieka nie jest jednak związane z odbiorem fal dźwiękowych, ale z odbiorem drgań akustycznych odbieranych bezpośrednio przez kości czaszki. Ta forma komunikacji była znana już od stuleci, ale nie budziła dotąd większego zainteresowania poza środowiskiem medycznym. Wzmianki na temat słyszenia drogą kostną można znaleźć już w pracach anatomicznych i fizjologicznych z XVI wieku. Przez stulecia wiedza na temat słyszenia kostnego miała jednak w większości charakter teoretyczny. Do bardzo niedawna medycyna, a dokładniej audiologia i protetyka audiologiczna, była jedyną dziedziną, w której słyszenie kostne

było wykorzystywane praktycznie. Transmisja dźwięku poprzez tzw. słuchawkę kostną, czyli wibrator przyłożony do kości czaszki głowy wykorzystywana jest w badaniach słuchu do określenia typu ubytku słuchu. Jeśli dźwięk dochodzący drogą kostną jest tak samo źle słyszany jak dźwięk odbierany drogą powietrzną, to zaburzenie słuchu ma charakter neurofizjologiczny (odbiorczy), najczęściej związany z uszkodzeniami ucha wewnętrznego. Jeśli natomiast słyszany jest normalnie, to zaburzenie ma charakter mechaniczny (przewodzeniowy) związany z patologią w układzie ucha środkowego. W tym przypadku jednym z rozwiązań jest bezpośrednie przesłanie dźwięku poprzez kości czaszki do ucha wewnętrznego. Taką rolę spełniają kostne protezy słuchowe (kostne aparaty słuchowe), w których dźwięki odebrane poprzez mikrofon są wzmacniane i przekazywane jako drgania do kości czaszki. Kostny aparat słuchowy to wibrator, który może być mocowany na głowie pacjenta lub też może być częściowo wszczepiony w kość skroniową, jak to ma miejsce w przypadku aparatów typu BAHA (ang. *bone anchored hearing aid*) i TBS (ang. *transcutaneous bone stimulator*) [Snik i in., 1998].

Transmisja dźwięku poprzez czaszkę jest dość skomplikowana i fizjologia słyszenia kostnego nie jest w pełni poznana. Przyjmuje się, że drgania akustyczne przenoszą się przez skórę i tkankę miękką na kości czaszki,

↓ Rys. 1. Uproszczony schemat drogi kostnej odbioru sygnałów dźwiękowych



a stamtąd poprzez poprzeczne i ścisłające drgania kości czaszki na błony i płyny ucha wewnętrznego. Tonndorf (1966) opisał siedem różnych mechanizmów związanych z drganiami kości czaszki wywołujących reakcję słuchową w uchu wewnętrznym, których udział w procesie słyszenia jest różny i zależy od warunków zewnętrznych, np. od tego, czy odsłonięte jest ucho zewnętrzne. Najbardziej znaczące z tych mechanizmów obejmują drgania głowy jako całości, powodujące inercyjną reakcję kosteczek ucha środkowego i inercyjną reakcję płynów ucha wewnętrznego oraz odkształcenia czaszki przenoszące się na drgania ścianek ślimaka ucha wewnętrznego.

Mechanizmy opisane przez Tonndorfa nie wyjaśniają wszystkich zjawisk związanych ze słyszeniem kostnym. Inne wyjaśnienia zakładają, że drgania czaszki mogą być przekształcane na słuchowe odpowiedzi neuronowe w układzie przedsionkowym lub mogą powodować powstawanie fal dźwiękowych w płynie mózgowo-rdzeniowym, następnie przenoszonych do płynów ucha wewnętrznego [Seaman, 2002; Sohmer i in., 2002]. Uproszczony schemat odbioru dźwięków drogą kostną obejmujący wszystkie wspomniane mechanizmy przedstawiony jest na rysunku 1.

Prawdziwe zainteresowanie słyszeniem kostnym jako medium komunikacyjnym nastąpiło nie tak dawno, dopiero w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku. Istniały, co prawda, wcześniejsze próby wykorzystania słyszenia kostnego do celów niemedycznych, ale ich wyniki nie spotkały się z większym zainteresowaniem. Jedną z przyczyn była słaba jakość techniczna dostępnych przetworników (wibratorów) oraz ich znaczne rozmiary fizyczne. Drugą przyczyną była niewielka wiedza sfer przemysłowych i militarnych o możliwościach wykorzystania słyszenia kostnego w warunkach praktycznych. Trzecią było to, że dla celów artystycznych i rekreacyjnych zupełnie wystarczało słuchanie dźwięku wytwarzanego przez głośniki i słuchawki. Nie było społecznej potrzeby odbioru dźwięku inną drogą, tj. wykorzystywania dodatkowego kanału komunikacyjnego.

Zwiększone zainteresowanie słyszeniem kostnym pod koniec ubiegłego wieku było wynikiem rozwoju telekomunikacji i potrzeb militarnych. Telefony komórkowe, telemarketing oraz osobiste odtwarzacze dźwięku wymagały użycia przetworników akustycznych, które umożliwiałyby komunikację bez utraty kontaktu z otaczającym

środowiskiem akustycznym. Wojskowe sieci komunikacyjne wymagały np. systemów przesyłania wiadomości, które nie utrudniałyby śledzenia dźwięków otoczenia, a ponadto, nie byłyby łatwe do wykrycia przez osoby niepowołane. Zmiana strategii militarnych i nowe rodzaje operacji wojskowych spowodowały występowanie przedłużonych okresów równoczesnego używania ochronników słuchu i systemów komunikacyjnych, co wywołało większe zainteresowanie alternatywnymi systemami komunikacyjnymi.

W wyniku wzrostu zainteresowania słyszeniem kostnym w wielu krajach, szczególnie w Japonii i Chinach, pojawiły się nowe i coraz lepsze przetworniki kostne. Rozszerzone zostało pasmo częstotliwości transmisji dźwięków, poprawiła się zrozumiałość mowy oraz poprawił się komfort słuchania. Przeprowadzenie szeregu prac badawczych, doprowadziło do optymalizacji miejsc mocowania [McBride i in., 2008] i siły docisku przetworników tak, aby komunikacja kostna mogła być używana w warunkach silnych dodatkowych wibracji całego ciała słuchacza, jak ma to miejsce np. w pojazdach terenowych i czołgach [Henry i Mermagen, 2004]. Bardzo ważnym osiągnięciem było także umożliwienie słyszenia przestrzennego w transmisji kostnej. Tłumienie oraz opóźnienia czasowe dźwięku w czasie transmisji poprzez kości głowy są tak niewielkie, że normalnie dźwięk docierający do obu uszu jest w zasadzie taki sam, niezależnie od miejsca pobudzenia kości czaszki. Zastosowanie dwóch przetworników kostnych i nadawanie sygnałów stereofonicznych pozwala na wytworzenie pewnej przestrzenności odbioru dźwięku, ale poszczególne źródła dźwięku nie są prawidłowo lokalizowane. Dopiero wprowadzone przez MacDonalda i in. (2006) wstępne przetwarzanie dźwięków przez charakterystykę kierunkową głowy doprowadziło do powstania słyszenia przestrzennego przy transmisji kostnej z dokładnością lokalizacji zbliżoną do tej, która ma miejsce przy wirtualnym obrazowaniu dźwiękowym wytwarzanym przy użyciu słuchawek. To z kolei otworzyło drogę do stosowania transmisji kostnej w wielokanałowych systemach pozycyjnych, w których każdy kanał reprezentowany jest przez źródło dźwięku lokalizowane w innym miejscu w wirtualnej przestrzeni dźwiękowej.

Dalszy wpływ na zainteresowanie systemami transmisyjnymi drogą kostną miało spostrzeżenie, że kostne mikrofony kontaktowe umożliwiają wysokiej



↑ Rys. 2. Wojskowa wersja systemu słuchawek kostnych wyposażonego w dwa wibratory i mikrofon kontaktowy

jakości komunikację duplexową (dwustronną). Między innymi firma Radio-ear opracowała mikrofon kontaktowy zintegrowany z trzydziestodecybelowym stopniem wzmocnienia, zapewniający dużą zrozumiałość transmitowanej mowy. Tego typu mikrofony są skutecznymi rejestratorami głosu i, co jest bardzo ważne, są mało wrażliwe na dźwięki rozchodzące się w powietrzu [McBride i in., 2010; Tran i Letowski, 2010]. Mikrofony kostne są więc bardzo użyteczne w sytuacjach, w których osoba mówiąca znajduje się w warunkach dużego poziomu hałasu. Zastosowanie mikrofonu kontaktowego jest w tym przypadku bardzo istotne dla jakości transmisji i siły sygnału [Tran i in., 2012].

Rozwój nowych zastosowań i dalsza poprawa jakości dźwięku transmitowanego drogą kostną zależą od dalszego postępu technologicznego w dziedzinie przetworników kostnych. Zalety systemu transmisyjnego drogą kostną są bowiem ogromne, szczególnie w zastosowaniach wymagających dobrej orientacji dźwiękowej w otoczeniu. System kostny umożliwia komunikację dźwiękową bez angażowania uszu, a więc w przypadku korzystania z ochronników słuchu jest od nich niezależny.

Odporność na zakłócenia dźwiękami powietrznymi powoduje, że przetworniki kostne nadają się dobrze do pracy z ochronnikami słuchu w hałasie. Warto zwrócić uwagę, że zamknięcie przestrzeni ucha zewnętrznego poprzez ochronnik słuchu powoduje dodatkowe wzmocnienie dźwięku nadawanego drogą kostną o 15-20 dB, co w warunkach hałasu ma szczególne znaczenie. Jeśli ma miejsce bezprzewodowa transmisja sygnałów, to dla zastosowań specjalnych ma znaczenie, że przetworniki kostne są łatwe do ukrycia pod włosami lub nakryciem głowy. Dodatkowo przetworniki kostne nadają się dobrze do pracy pod wodą. Nie bez znaczenia

pozostaje to, że przetworniki kostne są niedrogie i mają dużą odporność na wpływy atmosferyczne i uszkodzenia mechaniczne. Obszerne omówienie podstaw fizjologicznych i percepcji dźwięku w słyszeniu kostnym, a także technologii stosowanych przy komunikacji drogą kostną można znaleźć w pracy Henry'ego i Letowskiego (2007). Przykładowe techniczne rozwiązanie systemu do komunikacji drogą kostną przedstawione jest na rysunku 2.

W chwili obecnej prowadzone są dalsze prace badawcze nad lepszym zrozumieniem mechanizmów słyszenia kostnego. Na przykład, nadal nie są w pełni wyznaczone krzywe równej głośności dźwięku przy słyszeniu kostnym, choć pojawiły się już prace z tego zakresu [Patrick i in., 2012]. Istnieją także nowe rozwiązania technologiczne mikrofonów kontaktowych oraz wibratory mocowane do uzębienia [Murray i in., 2011]. Wszystkie te działania wskazują na to, że długo niewykorzystywane możliwości komunikacji z zastosowaniem słyszenia kostnego zaczynają być coraz szerzej badane i stosowane.

## BIBLIOGRAFIA

1. Henry, P. & Letowski, T. (2007), *Bone conduction: Anatomy, physiology, and communication*, ARL Technical Report, ARL-TR-4138, Aberdeen Proving Ground (USA): U.S. Army Research Laboratory.
2. Henry, P. & Mermagen, T. (2004), *Bone conduction communication in military vehicle*, Proceedings of the NATO Vehicle Habitability Conference, Prague, Czech Republic: NATO, 14-1 to 14-10.

3. MacDonald, J., Henry, P., & Letowski, T. (2006), *Spatial audio through bone conduction interface*, International Journal of Audiology, 45: 595-599.
4. McBride, M., Letowski, T., & Tran, P. (2008), *Bone conduction reception: Head sensitivity mapping*, Ergonomics, 55 (1): 702-718.
5. McBride, M., Tran, P., & Letowski, T. (2010), *The effect of bone conduction microphone location on speech intelligibility and sound quality*, Applied Ergonomics, 42: 495-502.
6. Murray, M., Miller, R., Hujuel, P., & Popelka, G. (2012), *Long-term safety and benefit of a new intraoral device for single-sided deafness*, Otology & Neurotology, 32 (8): 1262-1269.
7. Patrick, R., Kring, J., McBride, M., & Letowski, T. (2012), *Conduction equivalency ratios: A means of comparing the frequency response of air and bone conduction auditory displays*, Proceedings of the 56th Annual Human Factors and Ergonomics Society Meeting, 56 (1): 1356-1360.
8. Seaman, F. (2002), *Non-osseous sound transmission to the inner ear*, Hearing Research, 166: 214-215.
9. Snik, F.M., Dreschler, W.A., Tange, R.A., & Cremers, C.W.R.J. (1998), *Short- and long-term results with implantable transcutaneous and percutaneous bone-conduction devices*, Archives of Otolaryngology - Head & Neck Surgery, 124 (4): 265-268.
10. Sohmer, H., Freeman, S., Geal-Dor, M., Adelman, C., & Savion, I. (2002), *Bone conduction experiments in humans – a fluid pathway from bone to ear*, Hearing Research, 146 (1-2): 81-88.
11. Tondorf, J. (1966), *Bone conduction studies in experimental animals*, Acta Otolaryngologica, 213: 1-132.
12. Tran, P. & Letowski, T. (2010), *Speech intelligibility of air conducted and bone conducted speech over radio transmission*, Proceedings of the 2010 Noise Control Conference (Noise-Con 2010), 220: 547-653.
13. Tran, P., Letowski, T., & McBride, M. (2013), *The effect of bone conduction microphone placement on intensity and spectrum of transmitted speech items*, Journal of the Acoustical Society of America, 133 (6): 3900-3908.

**Profesor Tomasz Łętowski** - wybitny specjalista w inżynierii dźwięku, pomiarach akustycznych, procesach słyszenia, audiologii i ochronie słuchu. Absolwent oraz habilitant Politechniki Warszawskiej. Od 1994 związany z U.S. Army Research Laboratory, gdzie do końca 2012 r. zajmował stanowisko kierownika Auditory Research Group, natomiast od stycznia 2013 pełni tam funkcję Guest Resercher Emeritus. W minionych latach był również związany z Department of Industrial Engineering, North Karolina A&T State University (HBCU, Greensboro), Departament of Communication Science and Disorders w Towson University w Baltimore (MD) oraz Departament of Mechanical Engineering, Michigan Technological University w Houghton (MI). Jest autorem ponad 200 publikacji i ponad 150 doniesień konferencyjnych. Do jego dorobku można doliczyć również kilka patentów. Był i jest członkiem wielu organizacji naukowych, jak również szeregu organizacji normalizacyjnych w zakresie akustyki, elektroakustyki, audiometrii, takich jak American National Standards Institute (ANSI) czy International Organization for Standardization (ISO).

*Stypendyści o sobie i swojej pracy naukowo-badawczej*

## ELEKTRONIKA DRUKOWANA – GAZETA ZAMIAST TABLETU? TELEFON Z DRUKARKI?

dr inż. Marcin Stoma

W ostatniej dekadzie obserwujemy wzrost zainteresowania nową dziedziną technologii, skoncentrowaną na tanim wytwarzaniu obwodów elektronicznych technikami poligraficznymi, zwaną elektroniką drukowaną. Mimo że obecnie jest to niepozorna nisza rynkowa, to przewiduje się, że w ciągu najbliższych kilku lat urośnie do rozmiarów runku wartego miliardy dolarów rocznie. Technologia ta może

być znakomitą alternatywą dla przemysłu poligraficznego, który boryka się z problemami spadku czytelności dla nośników tradycyjnych: informacje prasowe są umieszczane w internecie a książki wydawane jako e-booki. W związku z tym kurczą się dotychczasowe rynki dla produktów poligraficznych, a należy wspomnieć, że polska branża poligraficzna jest w czołówce światowych producentów.

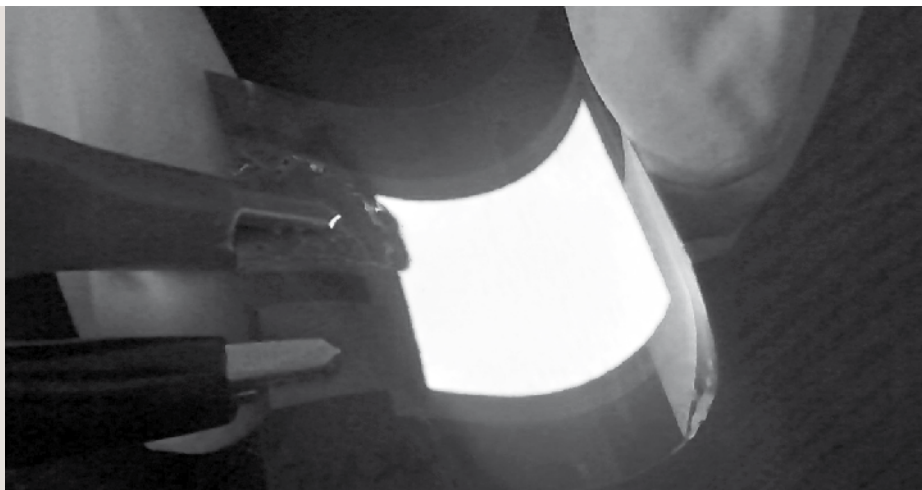
W technologii elektroniki drukowanej stosuje się tradycyjne techniki druku, dostosowane parametrami procesu do wytwarzania precyzyjnych nadruków. Wśród najczęściej stosowanych technik należy wymienić: sitodruk, druk strumieniowy czy techniki druku zwojowego, jak grawiura fleksografia czy offset. Jednym z ważniejszych problemów do rozwiązania jest opracowanie odpowiednich materiałów funkcjonalnych.

Drukowana struktura →  
 elektroluminescencyjna: elastyczne podłoże  
 polimerowe, elektroda transparentna  
 z nanorurek węglowych – Wydział  
 Mechatroniki Politechniki Warszawskiej

Obecnie na warstwy przewodzące najczęściej stosuje się zawiesziny proszków metalicznych (np. nanoproszków srebra). Jako warstwy rezystywne czy półprzewodnikowe stosuje się polimery przewodzące, a także dosyć egzotyczne materiały, takie jak nanorurki węglowe czy płatki grafenowe. Dzięki tym materiałom możemy uzyskiwać struktury świecące, elektrody transparentne, ogniwa fotowoltaiczne, baterie, tranzystory a także układy elastyczne.

Ideą badań prowadzonych na Politechnice Warszawskiej jest dobór materiałów umożliwiające zastosowanie urządzeń poligraficznych bez konieczności wprowadzania znaczących modyfikacji – materiałów, które da się produkować tanio i sprzedawać po cenach zbliżonych do tradycyjnych farb drukarskich. Istotnym zagadnieniem jest również dobór podłoża. W przypadku gdy koszt podłoża w produkcji układów elektroniki drukowanej stanowi kilkadziesiąt procent całkowitej ceny wyrobu, ważne jest poszukiwanie nowych rozwiązań. Doskonałą alternatywą staje się stosowanie podłoży papierowych czy folii polimerowych. Są to materiały dobrze znane w przemyśle poligraficznym i kilkadziesiąt lub nawet kilkaset razy tańsze od podłoży laminatowych czy ceramicznych stosowanych w tradycyjnej technologii elektroniki.

Elektronika drukowana została stworzona jako uzupełnienie elektroniki opartej na fotolitografii i nie ma stanowić dla niej konkurencji, gdyż skomplikowane elementy, jak np. procesory, są obecnie niemożliwe do wytworzenia technikami drukarskimi. W tej nowej technologii nie chodzi o zmniejszanie tranzystorów i uzyskanie jak największej wydajności, ale o produkcję szybką i tanio, również dla elementów wielkopowierzchniowych. Przykładem takiego połączenia właściwości są etykiety RFID (z ang. *Radio Frequency Identification*), gdzie drukowane elementy anten i ścieżki przewodzące są połączone z krzemowym układem mikroprocesorowym. Zastosowanie technik druku pozwala nie tylko zmniejszyć koszty wytwarzania, ale także rozszerzyć zakres potencjalnych aplikacji, np. ogniwa fotowoltaiczne w postaci pokrycia dachowego z rolki czy wyświetlacze na ubraniach lub w dokumentach.



Rozwój technologii elektroniki drukowanej nie oznacza jednak, że w niedalekiej przyszłości będziemy mogli sobie kupić i postawić w domu specjalistyczną drukarkę i wydrukować najnowszy model telefonu czy telewizora. Urządzenia stosowane w tej technologii są drogie i trudne w obsłudze dla przeciętnego użytkownika. Dodatkowo do wytworzenia układu o średnim stopniu skomplikowania potrzeba kilkunastu, do kilkudziesięciu rodzajów atramentów, często zawierających nanomateriały, więc bardzo drogie. Jednocześnie jest to technologia tania w produkcji masowej, podobnie jak gazety. Dzięki niej spodziewać się można wprowadzenia takich rozwiązań, jak jednorazowe telefony komórkowe za cenę kart pre-paid czy interaktywne gazety lub mapy papierowe zamiast tabletów. Możliwe będzie również produkowanie wielkoformatowych wyświetlaczy na wzór dzisiejszych billboardów.

Mimo że rozwiązania obejmujące produkcję drukowanych układów elektronicznych są nowatorskim rozwiązaniem, to samo zastosowanie druku w produkcji elektroniki nie jest nową koncepcją. W tej branży od dawna stosuje się sitodruk do tworzenia elektrod srebrowych nanoszonych na podłoża ceramiczne – tzw. układy hybrydowe, a pierwsze obwody elektroniczne wykonywane były z past srebrowych drukowanych na podłożach dielektrycznych. Do tej pory bardzo duże zastosowanie znajdują obwody foliowe wytwarzane sitodrukiem, stosowane jako klawiatury lub

proste wyświetlacze. Ponadto przemysł i rynek ogniw fotowoltaicznych są dobrze zaznajomione z technikami druku. Są one postrzegane jako niezawodne i tanie metody produkcji, w porównaniu z metodami napyłania czy osadzania chemicznego. Oznacza to, że stosowanie tego rodzaju technik produkcyjnych nie stanowi bariery, a wręcz może być okazją na wzmocnienie konkurencyjności. Ponieważ technologia elektroniki drukowanej jest technologią addytywną, można w znaczący sposób ograniczyć zużycie energii i materiałów. Pozwala to na uznanie elektroniki drukowanej za „rozwiązanie ekologiczne”, co ostatnio staje się tak samo ważne w procesie sprzedaży, jak niska cena urządzeń.

Z punktu widzenia ekonomicznego ta nowa dziedzina jest dużą szansą dla gospodarki krajowej. Rozwój przemysłu elektroniki drukowanej nie będzie wymagał olbrzymich inwestycji na etapie początkowym, bo idea elektroniki drukowanej opiera się na wykorzystaniu istniejących drukarni – technik znanych od dziesiątek czy setek lat. Nie jest wymagane budowanie fabryk, w których konieczne jest przestrzeganie sterylnych warunków produkcji, co pociąga za sobą stosowanie zaawansowanych rozwiązań technologicznych. Źródłem rozwoju i zarobku w tym wypadku będzie pomysł na nowoczesne rozwiązanie, a w naszym kraju ludzi innowacyjnych nie brakuje. Polskie firmy mają szansę zdobyć nisze rynkowe w produkcji tanich i łatwych do wdrożenia rozwiązań elektroniki użytkowej.

13

{ Dr inż. Marcin Słoma, adiunkt na Wydziale Mechatroniki PW. Stypendysta CSZ w ramach konkursów: CAS/21/POKL na naukowe stypendia wyjazdowe oraz CAS/28/POKL na stypendia naukowe dla młodych doktorów. }

## BIOMATERIAŁY W KARDIOCHIRURGII - DZIŚ I JUTRO

mgr inż. Paulina Ziętek

Biomateriały odgrywają ważną rolę w nowoczesnej kardiologii. Są budulcem stosowanym w sztucznych implantach naczyń krwionośnych, stentów oraz sztucznych zastawek i komór serca. Są to tworzywa syntetyczne - głównie polimery z grupy poliuretanów, a także materiały metalowe, takie jak tytan i stal nierdzewna. Znaczenie syntetycznych biomateriałów naczyniowych rośnie z roku na rok, ponieważ przybywa pacjentów cierpiących na choroby układu krążenia. Przypadłości sercowo-naczyniowe stanowią przyczynę ponad 70% zgonów zarówno w Polsce, jak i w całej Europie (wg. [www.stat.gov.pl](http://www.stat.gov.pl) i [epp.eurostat.ec.europa.eu](http://epp.eurostat.ec.europa.eu)). Tym samym konieczne staje się przeprowadzanie coraz większej liczby zabiegów kardiologicznych, w tym przeszczepów serca.

Ze względu na niedobór naturalnych dawców już od paru dekad prowadzi się badania mające na celu skonstruowanie sztucznej, w pełni implantowalnej protezy serca. Bardzo duży wpływ na działanie takiego urządzenia ma materiał, z którego zostałoby ono wykonane. Obecnie stosowane biomateriały nie mogłyby podjąć zadania, jakim jest funkcjonowanie wewnątrz ludzkiego ciała przez kilkanaście lub nawet kilkadziesiąt lat. W USA od 2001 r. stosuje się AbioCore - pierwsze całkowicie implantowalne sztuczne serce. Jednakże może ono pracować maksymalnie 2 lata. Jest to spowodowane faktem, iż biomateriały nie są całkowicie obojętne dla organizmu. Przyczynia się to do szeregu problemów, szczególnie po dłuższym czasie przebywania biomateriału wewnątrz ciała. W reakcji na ciało obce, jakim jest biomateriał, składniki krwi zapoczątkowują szereg reakcji biochemicznych, zwanych kaskadą krzepnięcia. Powstające na powierzchni sztucznego implantu skrzepy krwi stanowią ogromne niebezpieczeństwo dla życia pacjenta, ponieważ krążąc w krwioobiegu, mogą spowodować zator i w rezultacie wylew. Ze względu na to pacjent ze wszczepionym rozrusznikiem serca lub sztuczną zastawką jest zmuszony przyjmować leki przeciwkrzepowe pod ścisłą kontrolą lekarza. Oprócz tego materiał budujący implant z czasem ulega korozji. Pojawiają się pęknięcia zagrażające poprawnemu działaniu implantu. Konieczne jest zatem przeprowadzenie chirurgicznej

wymiany urządzenia. Jest to kolejna, ryzykowna operacja.

Problemy z długookresowymi, negatywnymi efektami powodowanymi przez biomateriały kardiologiczne dotyczą nie tylko dużych implantów, takich jak sztuczne serce, zastawki lub komory, ale również stentów. Stenty zbudowane ze stali nierdzewnej służą do „rozpychania” tętnic, które są zarastane przez płytkę miażdżycową. Stent po wprowadzeniu do tętnicy zostaje rozprężony, dzięki czemu zgniata płytkę miażdżycową. Światło tętnicy poszerza się i tym samym poprawiony zostaje przepływ krwi. Niestety, podczas rozprężania stentu zostaje naruszona tkanka, która reagując na uszkodzenie, zaczyna intensywnie się odbudowywać i w efekcie może na powrót zarastać światło tętnicy. Jest to zjawisko restenozy. Problem próbuje się rozwiązać poprzez konstruowanie stentów uwalniających leki – substancje zapobiegające przerastaniu tkanki. Jednak, jak wykazują badania, leki te zwiększają prawdopodobieństwo powstawania zakrzepów w okolicy stentu. Ponieważ nie ma możliwości usunięcia wszczepionego stentu, w celu powstrzymania restenozy przeprowadza

się zabiegi udrażniania tętnic. Oznacza to kolejny stres dla pacjenta. Zdarza się, że nie można powstrzymać restenozy i w efekcie pacjent nie wraca do pełnej sprawności.

Staje się zatem jasne, że poszukiwanie nowoczesnych biomateriałów, które nie wywołują opisanych powyżej efektów, to jedno z wyzwań dzisiejszej nauki. Najlepiej byłoby, gdyby biomateriał miał wszystkie cechy naturalnej tkanki naczyń krwionośnych czyli odpowiednie właściwości mechaniczne i zdolność właściwej interakcji ze składnikami krwi, co pozwoliłoby zapobiec tworzeniu skrzepów. Czy możliwe jest tak dokładne naśladowanie natury? Okazuje się, że jest to bardzo trudne. Liczne modyfikacje chemicznej struktury biomateriałów nie pozwoliły osiągnąć celu, którym jest bezawaryjne działanie implantu przez wiele lat po wszczepieniu. Co zatem można zrobić, aby poprawić obecną sytuację?

Nowatorski pomysł zakłada opracowanie hybrydowych, „pół-naturalnych” biomateriałów kardiologicznych. Miałyby one składać się z podstawy - polimeru lub metalu, pokrytej warstwą ludzkich komórek śródbłonna od strony stykania się implantu z krwią.



↑ AbioCore - całkowicie implantowalne polimerowe sztuczne serce stosowane w USA, może pracować do 2 lat (źródło: [digitalmarsh.wordpress.com](http://digitalmarsh.wordpress.com))

Komórki śródbłonna są obecne we wnętrzu naturalnych naczyń krwionośnych i serca. Pokrywają szczelnie całą wewnętrzną powierzchnię naczyń krwionośnych i stale „kontaktują się” ze sobą i otoczeniem, odpowiednio reagując na wszelkie zmiany. Jedną z wielu ich funkcji jest hamowanie niekontrolowanego wykrzepiania krwi (trombozy). Gdyby zatem powierzchnia wewnętrzna sztucznego implantu naczyniowego była pokryta tkanką śródbłonna, można by mieć nadzieję na wyeliminowanie problemu powstawania niebezpiecznych skrzepów.

Oczywiście, aby uniknąć odpowiedzi immunologicznej, komórki śródbłonna porastające powierzchnię biomateriału musiałyby być komórkami własnymi pacjenta – pobranymi, namnożonymi i wprowadzonymi na materiał.

Jak to się ma do zjawiska restenozy powodowanego przez stenty? Stent pokryty komórkami śródbłonna również przypuszczalnie stałby się bardziej naturalny dla tętnicy. Być może komórki śródbłonna na powierzchni stentu „porozumiałyby się” z komórkami obecnymi na ścianie tętnicy i to spowodowałoby zahamowanie przeraśnięcia tkanki.

Należy zaznaczyć, że takie materiały nie zostały jeszcze wprowadzone do użytku i w dalszym ciągu znajdują się na etapie badań laboratoryjnych. Zespół Laboratorium Inżynierii Biomedycznej pracuje nad tym zagadnieniem od około pięciu lat. Z naszego

doświadczenia wynika, że opracowanie biomateriału składającego się z polimerowej lub metalowej podstawy oraz warstwy żywych komórek jest wieloetapowe. Komórki nie będą przyczepiać się i rosnać bezpośrednio na powierzchni syntetycznej podstawy – należy zapewnić im warunki takie, jakie są wewnątrz naturalnych naczyń krwionośnych. W tym celu wymagane jest przeprowadzenie chemicznej modyfikacji powierzchni biomateriału poprzez kowalencyjne przyłączenie cząsteczek pośredniczących, a następnie cząsteczek peptydów adhezyjnych. Peptydy adhezyjne zostaną rozpoznane przez receptory komórek śródbłonna, co spowoduje przyczepianie się komórek do powierzchni. Etap przygotowania powierzchni materiału syntetycznego ma największe znaczenie i z tego powodu jest szeroko badany w naszym zespole.

Do tej pory opracowanych zostało parę różnych procedur modyfikacji powierzchni poliuretanu. Przeprowadziliśmy także próby „obsiania” tych materiałów komórkami śródbłonna.

Okazało się, że komórki chętnie przyczepiły się do powierzchni i zaczęły się dzielić. Prowadzimy także badania nad pokryciem komórkami śródbłonna powierzchni stali nierdzewnej. Jak dotąd udało się udowodnić, że możliwe jest chemiczne zmodyfikowanie powierzchni stali, natomiast sprawdzenie reakcji komórek na materiały jest jeszcze przed nami.

Mamy nadzieję, że nasza praca przyniesie efekty i pozwoli wyciągnąć ciekawe wnioski. Dotychczasowe wyniki utwierdzają nas w przekonaniu, że warto pracować nad hybrydowymi biomateriałami do kardiochirurgii. Wiele jest jeszcze do zrobienia – między innymi sprawdzenie trwałości uzyskanej modyfikacji powierzchni. Otrzymane biomateriały będą w stałym kontakcie z krwią, zatem muszą być odporne na przepływ krwi. Do dalszej pracy motywuje nas fakt, że opracowanie hybrydowych biomateriałów naczyniowych z pewnością stanowiłoby ważny krok w kierunku poprawy bezpieczeństwa i komfortu pacjentów.

**Mgr inż. Paulina Ziętek**, doktorantka na Wydziale Inżynierii Chemicznej i Procesowej PW. Swoją pracę wykonuje w Laboratorium Inżynierii Biomedycznej pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. Tomasza Ciacha. Stypendystka CSZ w ramach konkursu CAS/27/POKL na stypendia naukowe dla doktorantów.

15

## Z DZIENNIKA CHEMIKA-ANALITYKA, KTÓRY DO KRAINY CARÓW ZAWITAŁ

*mgr inż. Magdalena Matczuk*

Już jako dziecko byłam bardzo „zwiercona”, wszędzie było mnie pełno. Mama znalazła jednak na mnie sposób – wystarczyło podać mi do rąk jak najgrubszą książkę (wskazane, by była bez obrazków), a ja z wielkim pietyzmem godzinami odwracałam jej strony... kartka po kartce...

I tak pozostało aż do dziś, gdyż moim życiem rządzi zamiłowanie do nauki.

### NO WŁAŚNIE – ŻYCIE

Może niezbyt dosłownie, ale praca badawcza, którą wykonuję w ramach studiów doktoranckich, dotyczy właśnie życia. Dokładniej zaś starań, by coraz więcej ludzi mogło pokonać chorobę nowotworową i... żyć. Mój projekt dotyczy badania ścieżek transportu

kompleksów metali o właściwościach przeciwnowotworowych (znajdujących zastosowanie w chemioterapii, a będących aktualnie na etapie badań klinicznych) w symulowanych warunkach fizjologicznych. Jego celem jest pozyskanie wiedzy z zakresu badań przedklinicznych dotyczących wybranych metaloleków. Prosto rzecz ujmując – badania te mogą wskazać, w jaki sposób działają wybrane substancje aktywne i jakim przemianom ulegają w warunkach *in vitro*. Informacje te mogą pomóc w procesie zatwierdzenia leków, ale także uzupełniać wiedzę pozyskaną z równoległe prowadzonych klinicznych terapii eksperymentalnych, którym poddawani są pacjenci w różnym stadium zaawansowania choroby. Badania nad transportem



nowej generacji metalokompleksów o działaniu przeciwnowotworowym w warunkach fizjologicznych dodatkowo mogą stanowić źródło wiedzy w komponowaniu efektywniejszych chemioterapii oraz projektowaniu nowych, skuteczniejszych leków.

W badaniach wykorzystywane są tzw. analityczne techniki sprzężone, będące połączeniem metod rozdzielania oraz spektrometrii mas. Dzięki nim możliwe jest analizowanie zmian składu próbek badanych w czasie doświadczenia oraz identyfikacja nowopowstałych związków. W ramach rozprawy zbadane zostaną procesy transportu wybranych kompleksów rutenu(III) oraz galu(III) w symulowanych warunkach, między innymi surowicy ludzkiej krwi czy też cytoplazmy właściwej komórek zdrowych i rakowych.

Dlaczego trzeba nieustannie pracować nad nowymi lekami chemioterapeutycznymi?

Odpowiedź jest bardzo prosta – gdyż do tej pory zatwierdzone substancje aktywne – oparte w głównej mierze na platynie – nie wykazują dostatecznej selektywności działania względem komórek zmienionych. Z tego też powodu odbytej chemioterapii to dla pacjenta „droga przez mękę”, usiana wieloma trudnościami natury fizycznej, niosąca za sobą ogromne skutki uboczne, ogólne wyniszczenie organizmu, a nawet dysfunkcje zdrowych wcześniej organów.

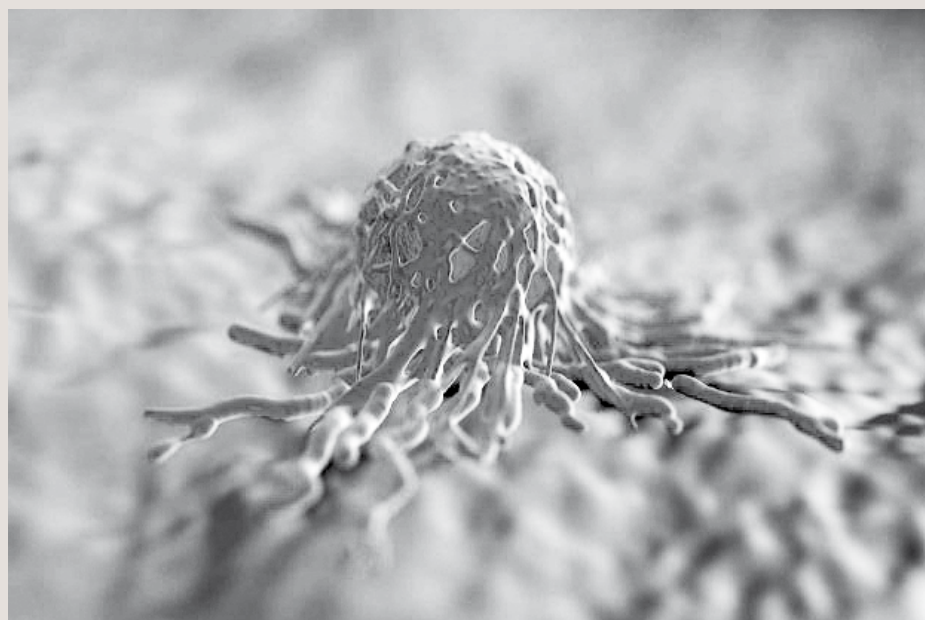
Względem przytoczonych powyżej kompleksów metali przejściowych (Ru, Ga), uzyskiwane są bardzo obiecujące wyniki testów klinicznych. Natomiast obserwowane efekty uboczne ich stosowania są zniwelowane w stosunku do klasycznych leków. Konieczne jest jednak zbadanie mechanizmów transportu i działania metalokompleksów w organizmie ludzkim i poznanie przyczyn ich zwiększonej skuteczności stwierdzonej *in vivo*. W tym miejscu wyzwaniem dla chemika-analityka jest takie zaplanowanie i zrealizowanie doświadczeń, by w sposób jakościowy i ilościowy możliwe było zbadanie procesów zachodzących w warunkach maksymalnie zbliżonych do fizjologicznych z udziałem wybranego kompleksu na skutek oddziaływań z różnymi indywidualami chemicznymi np. białkami transportującymi w krwi, białkami cytoplazmatycznymi czy też DNA. Reasumując, w ramach rozprawy doktorskiej przedstawię ścieżkę przemian wybranych kompleksów w warunkach *in vitro* począwszy od ich aplikacji aż do łączenia się z celami komórkowymi.

Celem projektu jest także zaproponowanie i zoptymalizowanie postępowań analitycznych oraz metod badania zmian specyjalnych wybranych związków przeciwnowotworowych w płynach fizjologicznych. W toku badań stosowałam między innymi tzw. „mapowanie peptydów” z użyciem selektywnego cięcia enzymatycznego, które posłużyło do identyfikacji białek cytoplazmatycznych wykazujących powinowactwo do badanych kompleksów metali.

#### DOŚĆ O TEMATYCE BADAŃ – TO TYLKO JEDNA STRONA MEDALU

W tym miejscu czas na wyjaśnienie tytułu tekstu. Otóż w czasie studiów doktoranckich prace badawcze prowadziłam w dwóch ośrodkach: macierzystym – Katedrze Chemii Analitycznej Wydziału Chemicznego PW (Warszawa) oraz zagranicznym – Instytucie Geochemii i Chemii Analitycznej Rosyjskiej Akademii Nauk (Moskwa). W rzeszonym mieście carów spędziłam w sumie dziewięć miesięcy podczas dwóch staży realizowanych w ramach Międzynarodowych Projektów Doktoranckich Fundacji na rzecz Nauki Polskiej oraz stypendium wyjazdowego dla doktorantów Centrum Studiów Zaawansowanych PW.

↓ Komórka Nowotworowa (źródło: wyborcza.pl)



#### JAK TO UGRYŹĆ?

Każdy staż zagraniczny to wielkie wyzwanie – bezapelacyjnie wielokierunkowo rozwojowe. Jednak sam fakt wyjazdu i oderwania się od miejscowego życia i przyzwyczajzeń, wymaga choć odrobiny odwagi. W tym miejscu pomyślcie o Moskwie i to z datą rozpoczęcia pierwszego pobytu w styczniu – środku rosyjskiej siarczystej zimy.

Początki zawsze są trudne, jednak nie taki diabeł straszny jak go malują. Teraz, po powrocie, mogę przyznać, że nic bym nie zmieniła i po raz kolejny bez wahania „weszła do tej samej rzeki” (a z chęcią poznała też inne). Więcej, wyjazdy takie powodują, iż człowiek otwiera się na nowe możliwości, zaczyna wierzyć w siebie – nie tylko poszerza umiejętności zawodowe, ale także interpersonalne oraz rozwija swoją osobowość i asertywność.

#### PRACA, PRACA, PRACA

W Rosyjskiej Akademii Nauk miałam możliwość pracy w światowej klasy zespole, zajmującym się tematyką kompleksów metali o właściwościach przeciwnowotworowych, w grupie badawczej prof. A.R. Timerbaeva. Poznałam nowe techniki analizy oraz nauczyłam się takiego ich doboru i łączenia, by możliwe było osiągnięcie wcześniej zakładanych celów w możliwie jak najprostszy sposób. Podczas dwóch pobytów zrealizowałam kompletny projekt badawczy, którego wyniki były podstawą do napisania oryginalnej publikacji naukowej. Czasem nie było lekko, całe dnie spędzałam w laboratorium i wykonywałam pomiary. Wiadomo jednak, iż na staż jedziemy w konkretnym celu – nauki i wykonywania powierzonych

zadań badawczych, więc trzeba z tych możliwości korzystać. Tym bardziej, iż osoby, które z nami pracują posiadają bardzo dużą wiedzę popartą doświadczeniem badawczym.

Niewątpliwie staż naukowy jest także bardzo pomocny w poprawianiu znajomości języka, przełamywaniu barier oraz poznaniu spojrzenia innych ludzi – tego naukowego, ale



także kulturowego lub po prostu „życiowego”.

### KREML I MATRIOSZKA

Nie można zapomnieć, iż wyjazd zagraniczny to także zwiedzanie, kultura, kuchnia, języki lokalne. Rosja – choć z początku, dla nas Polaków, nie kojarzy się dobrze, jest WSPANIAŁA, ZACHWYCAJĄCA, a przede wszystkim INNA. To prawda, że ciągle większość Rosjan nie ma szans na zmiany w swoim życiu – zwyczajnie ludność nie ma na to żadnego wpływu. Odchodzi to jednak na dalszy plan, gdy doświadczamy ich gościnności, serdeczności, chęci pomocy. Przede wszystkim zachwyliło mnie to, że Rosjanie nie próbują być na siłę zachodnioeuropejscy. Rosyjska kultura jest inna, sztuka odmienna, jedni powiedzą kiczowata – ale przecież można uczynić to zaletą i Rosjanie bardzo dobrze umieją to zrobić. Stwierdzenie to jest szczególnie prawdziwe w przypadku Moskwy, która mieni się pełną paletą barw, błyszczą złotymi bulwiastymi kopułami wszechdobrych monastyrów. Moskwa to wbrew pozorom nie tylko Kreml i Plac Czerwony – jest w niej tyle zabytków, pałaców, muzeów, parków, że ciągle nie

wiem, czy po tych dziewięciu miesiącach udało mi się zobaczyć wszystko. Stolica Rosji zachwyliła mnie także rozmachem i nie mam tu na myśli rozmiarów, gdyż tamtejsze budowle są faktycznie po prostu WIEEELKIE. Chodzi mi głównie o bardzo dobrą organizację komunikacji miejskiej, szerokie i dobrze utrzymane drogi, czyste ulice, zimą zawsze(!) odśnieżone chodniki, latem mnóstwo kwiatów – i nie dotyczy to tylko centrum miasta. W osłupienie wprawia na przykład fakt, iż tuż obok Kremla wybudowano podziemne czterokondygnacyjne centrum handlowe, a pod nim trzy

krzyżujące się na różnych głębokościach linie metra. No właśnie metro... ale o nim mogłabym napisać oddzielny artykuł.

Kończąc moją rosyjską przygodę i ten wpis, chcę zaznaczyć, że będąc w Rosji, trzeba, popijając czaj, spróbować blin, zupy uchy oraz nie zapomnieć o pierożkach pielmieniach na dokładkę. Każdy natomiast moskiewski spacer powinien zakończyć się na jednym z wielu pachli targów, gdzie będziemy mogli kupić pamiątkową matrioszkę... której cena powinna być zdecydowanie negocjowana.

{ **Mgr inż. Magdalena Matczuk**, doktorantka na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej (Katedra Chemii Analitycznej). Uczestniczka programu Międzynarodowe Projekty Doktoranckie *Towards Advanced Functional Materials and Novel Devices* Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, realizowanego wspólnie przez Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego oraz Wydział Chemiczny Politechniki Warszawskiej. Stypendystka CSZ w ramach konkursu CAS/29/POKL na naukowe stypendia wyjazdowe dla doktorantów. }

## CHALKOGENKI METALI PRZEJŚCIOWYCH INTERKALOWANE ZWIĄZKAMI DONOROWYMI

dr inż. Anna Krztoń-Maziopa

Poszukiwanie nowych materiałów np. nadprzewodnikowych z coraz wyższymi temperaturami krytycznymi ( $T_c$ ) oraz nowoczesnych materiałów do konwersji i akumulacji energii jest jednym z wyzwań współczesnej chemii oraz fizykochemii materiałów. Prace te przyczyniają się do poszerzenia wiedzy w dziedzinie inżynierii materiałowej. Mimo że zjawisko nadprzewodnictwa jest znane od ponad 100 lat, to nadal jedynie miedziany, odkryte w końcu lat osiemdziesiątych, wykazują temperatury krytyczne przekraczające „magiczną granicę” odpowiadającą 77 K. Przez kolejne lata, po odkryciu dokonany przez Bednorza i Mullera zainteresowanie materiałami nadprzewodnikowymi stopniowo malało, aż do sensacyjnego odkrycia dokonanego w 2006 r. przez grupę prof. H. Hosono dotyczącego nadprzewodnictwa w materiałach zawierających żelazo. Zaskoczenie było tym większe, iż materiały te wykazywały nadprzewodnictwo wbrew powszechnemu przekonaniu o negatywnym wpływie na nie nawet śladowych

ilości magnetycznych domieszek. Odkrycie to zainicjowało intensywne badania w obszarze fizykochemii ciała stałego i rozpoczęło „epokę żelaza” w dziedzinie nadprzewodnictwa. Wkrótce potem pojawiły się nowe rodziny materiałów nadprzewodnikowych zawierających w swym składzie żelazo, takie jak: oksopniktydki ( $R\text{FeAsO}$ , gdzie R to pierwiastek ziem rzadkich, związki typu  $1111$ ), pniktydki (typu  $122\text{AFe}_2\text{As}_2$ , gdzie A to metale alkaliczne lub ziem alkalicznych, oraz typu  $111\text{-AFeAs}$ , gdzie A to Li, Na), pniktydki z warstwami tlenkowymi typu perowskitu (nazywane fazami  $22426$ ,  $226412$  i  $22539$ ) oraz chalkogenki ( $11\text{-FeCh}$ , Ch-chalkogen i  $122\text{-AxFe}_2\text{-ySe}_2$ , gdzie A to metal alkaliczny). Prace badawcze w tym obszarze w stosunkowo krótkim czasie przyniosły ponad siedemdziesiąt nowych nadprzewodników. Początkowo badania prowadzono głównie na pniktydkach zawierających żelazo z uwagi na ich wyższe temperatury krytyczne,  $T_c$ , sięgające 56K dla  $\text{Gd}_{1-x}\text{Th}_x\text{FeAsO}$ . Obecnie główną

rolę odgrywają chalkogenki żelaza, zwłaszcza te należące do intensywnie rozwijanej grupy 122, w której w ciągu ostatnich dwóch lat pojawiło się wiele nowych związków z coraz wyższymi temperaturami krytycznymi i niezwykle intrygującym współistnieniem nadprzewodnictwa i magnetyzmu. Fazę macierzystą w tej grupie materiałów stanowi warstwowy selenek żelaza ( $\text{FeSe}$ ), wykazujący temperaturę krytyczną  $T_c = 8,0\text{ K}$  pod ciśnieniem atmosferycznym i 37 K pod ciśnieniem 7 GPa. Interkalacja jonów metalu alkalicznego lub np. talu między warstwy Fe-Se skutkuje pojawieniem się faz nadprzewodzących o ogólnej stechiometrii:  $\text{AxFe}_2\text{-ySe}_2$  (gdzie A to K, Rb, Cs lub Tl) z temperaturami krytycznymi przekraczającymi 30K pod ciśnieniem atmosferycznym. Pojawianie się nadprzewodnictwa z tak wysokimi temperaturami krytycznymi na silnie magnetycznym podłożu wydaje się co najmniej intrygujące, a mechanizm leżący u podstaw tego zjawiska, mimo

intensywnych badań ciągle nie jest znany. Wiemy wprawdzie, że nadprzewodnictwo w tego typu materiałach, podobnie jak w silnie skorelowanych układach elektronowych, można modyfikować poprzez odkształcanie struktury krystalicznej czy zmianę typu lub charakteru domieszki, jednak tutaj charakter tych zmian opisywany jest głównie w sposób intuicyjny i nie ma systematycznych prac prowadzonych w tym kierunku, co uniemożliwia sformułowanie mechanizmu leżącego u podstaw zjawiska.

Ostatnie badania nad interkalowanymi chalkogenkami żelaza przeprowadzone za pomocą spektroskopii rotacji spinu mionu ( $\mu$ SR), skaningowej mikroskopii tunelowej (STM) i spektroskopii Ramana ujawniły występowanie wzajemnych relacji między nadprzewodnictwem a magnetyzmem w tych materiałach. Jednakże z uwagi na fakt, że zostały one odkryte stosunkowo niedawno nadal wiele kwestii pozostaje otwartych, pojawiają się również kontrowersje dotyczące źródeł właściwości nadprzewodnikowych tych materiałów i rzeczywistej stechiometrii faz nadprzewodzących. Pytania dotyczące rzeczywistego składu faz nadprzewodzących wywołały dalsze badania nad poszukiwaniem alternatywnych niskotemperaturowych metod syntezy tego rodzaju interkalatów. Pierwsze doniesienia dotyczące nadprzewodzącego FeSe interkalowanego metalami alkalicznymi i metalami ziem alkalicznych z ich roztworów w ciekłym amoniaku ujawniły całą listę materiałów ze znacznie wyższymi temperaturami

krytycznymi: Tc ~40 - 46K, choć dość niskimi zawartościami fazy nadprzewodzącej, nieprzekraczającymi 30%. Wkrótce potem modyfikacja metody amonothermalnej zaowocowała materiałem z niemal 80% zawartością fazy nadprzewodzącej. Materiał ten jednak nie jest wolny od wad, lotne cząsteczki rozpuszczalnika tak korzystnie wpływające na Tc bardzo łatwo ulegają deinterkalacji i cały materiał traci właściwości nadprzewodnikowe. Zamiana amoniaku na inny, mniej lotny związek o charakterze donorowym, np. na heterocykliczne aminy jest doskonałą alternatywą prowadzącą do otrzymania materiału o poprawionych parametrach. Metale alkaliczne rozpuszczają się między innymi także w bezwodnej pirydynie i w zależności od stosunku molowego metalu do pirydyny tworzą się addukty typu  $A(C_5H_5N)_2$  i/lub sole anionorodnikowe. Obie formy, jak też i cząsteczki czystej pirydyny mogą być interkalowane między warstwy Fe-Se, dając hybrydowy materiał z temperaturą krytyczną przekraczającą 40K. Proces interkalacji jest odwracalny i przebiega bez degradacji struktury matrycy chalkogenkowej, zatem interkalaty tego rodzaju mogą być potencjalnie wykorzystane także jako materiały elektrodowe między innymi w ogniwach litowych czy sodowych, gdzie materiały katodowe o poprawionych parametrach są intensywnie poszukiwane.

#### INSTYTUCJA GOSZCZĄCA

Instytut Paula Scherrera w Szwajcarii jest wiodącym ośrodkiem specjalizującym się w badaniu właściwości różnorodnych materiałów i corocznie

gości naukowców z całego świata, którzy przyjeżdżają tutaj, aby realizować badania na unikalnej aparaturze badawczej i rozwijać swoje umiejętności. Zespół badawczy Solid State Chemistry Group/LDM/PSI (<http://ldm.web.psi.ch/ldm/ssc/>), kierowany przez Prof. K. Condera, w którym przebywałam w ramach stypendium, od wielu lat zajmuje się hodowlą kryształów oraz wysokotemperaturową syntezą i charakteryzacją materiałów polikrystalicznych. Zespół dysponuje w pełni wyposażonym laboratorium do syntez wysokotemperaturowych oraz sprzętem umożliwiającym charakteryzację strukturalną, analizę składu oraz parametrów elektrycznych i magnetycznych otrzymywanych materiałów. Od 2008 roku wiodącą tematyką badawczą stanowią badania nad syntezą, domieszkowaniem i właściwościami materiałów nadprzewodnikowych, a w szczególności warstwowych miedzianów oraz chalkogenków żelaza charakteryzujących się, poza występowaniem stanu nadprzewodzącego również współistnieniem magnetyzmu i nadprzewodnictwa. Zespół ma szeroko rozwiniętą sieć współpracy zarówno krajowej (Szwajcaria), jak i międzynarodowej (m.in. Francja, Niemcy, Anglia, Polska, Wielka Brytania, Kanada, Stany Zjednoczone, Chiny, Indie), co umożliwia dostęp do wszelkiego rodzaju unikatowych instrumentów badawczych, takich jak źródła mionów służące do badań właściwości magnetycznych czy dyfraktometrii neutronowej pozwalające na wykonywanie badań strukturalnych w ekstremalnych warunkach (wysokie ciśnienia, szerokie zakresy temperatur) i prowadzenie badań na najwyższym światowym poziomie. Dodatkowo, w ramach wewnętrznej współpracy z Laboratory for Neutron Scattering and Laboratory of Muon Spin Spectroscopy zespół ma możliwość korzystania z unikatowej na skalę światową aparatury badawczej, takiej jak spektrometry mionów czy wysokorozdzielcze dyfraktometrii neutronowej. W ciągu ostatnich lat w zespole opracowano diagramy fazowe dla układu Fe-Se oraz Fe-Se-Te, badano proces dyfuzji tlenu oraz efekt izotopowy w warstwowych miedzianach, prowadzono badania elektryczne i strukturalne materiałów nadprzewodnikowych i izolatorów topologicznych na bazie selenku bizmutu oraz kryształów związków typu spin-ladder. Prace badawcze zespołu dotyczą przede



wszystkim syntezą i badania właściwości nowych materiałów i ich modyfikacji, zatem mieszczą się w dziedzinie badań podstawowych.

W roku 2010 w zespole rozpoczęto badania nad Fe-Se interkalowanym metalem alkalicznymi, w których brałam czynny udział w ramach blisko dwuletniego stażu podoktorskiego. W trakcie prowadzonych przez mnie prac nad interkalacją selenku żelaza zostały zsyntetyzowane i zbadane właściwości magnetyczne i elektryczne dwóch nowych materiałów nadprzewodnikowych, opracowane zostały warunki krystalizacji ze stopu dla nowej grupy nadprzewodników żelazowych typu  $AxFe_{2-y}Se_2$  ( $A=K, Rb, Cs$ ), zbadano diagramy fazowe dla układów zawierających potas, rubid i cez. W trakcie stażu podoktorskiego w tym ośrodku opracowałam również metodę otrzymywania nowych nadprzewodników Fe-Se interkalowanych pirydynowymi kompleksami metali alkalicznych.

#### BADANIA W RAMACH STYPENDIUM CSZ

W trakcie pobytu na stypendium w grupie Solid State Chemistry Group/

LDM/PSI zajmowałam się opracowaniem nowych materiałów interkalowanych Li i Na z roztworów pirydynowych. Wykonałam syntezę polikrystalicznych warstwowych chalcogenków żelaza domieszkowanych manganem i kobaltem. Związki te stanowiły matryce do dalszej interkalacji z roztworów pirydynowych. Przeprowadzona została szczegółowa analiza składu i struktury krystalicznej otrzymanych materiałów z wykorzystaniem metod dyfrakcyjnych i mikrofluorescencji rentgenowskiej dostępnych w PSI. Wykonano także badania właściwości magnetycznych i elektrycznych w niskich temperaturach. Scharakteryzowane materiały następnie poddano procesom interkalacji z wykorzystaniem opracowanej przeze mnie metody solwotermalnej oraz metod elektrochemicznych. Przygotowane przez mnie materiały zostaną przebadane w testowych ogniwach litowych i sodowych. Dodatkowym owocem mojego pobytu na stypendium jest odkrycie nowego nadprzewodnika niskotemperaturowego:  $LaO_{0.5}F_{0.5}BiSe_2$ , o temperaturze krytycznej 2,6K. Związek ten, podobnie jak opisywane wyżej chalcogenki

i pniktydki, charakteryzuje się także strukturą warstwową. Dla tego nowego materiału zostały wykonane badania strukturalne, przeprowadzono pomiary właściwości elektrycznych i podatności magnetycznej w niskich temperaturach. Praca na temat nowego nadprzewodnika została zaakceptowana do druku w *Journal of Physics Condensed Matter*.

{ Dr inż. Anna Krztoń-Maziopa, adiunkt na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej. Pracuje w Katedrze Chemii Nieorganicznej i Technologii Ciąta Sztego. Stypendystka CSZ w ramach konkursu CAS/32/POKL na naukowe stypendia wyjazdowe dla nauczycieli akademickich. }

# Kriogenika dla fizyki, techniki i medycyny

Profesor Maciej Chorowski, gość Centrum Studiów Zaawansowanych, autor wykładu w ramach nowego cyklu sympozjów - TOPTechnika

## Wprowadzenie

Słowo kriogenika jest pochodzenia greckiego (*kruos* - zimno, *genos* - tworzenie) i zostało zaproponowane przez Heike Kamerlingh-Onnesa. Zgodnie z rekomendacją XIII Międzynarodowego Kongresu Chłodnictwa z 1971 roku, umowną temperaturą wyodrębniającą kriogenikę z chłodnictwa jest temperatura wrzenia metanu pod ciśnieniem normalnym, tj. 111,1 K, zaokrąglona do 120 K. Jest to temperatura znacznie niższa od rekordowo niskiej temperatury powietrza zmierzonej na Syberii w 1983 roku i wynoszącej 184 K (-89°C). Temperatury kriogeniczne nie mogą być więc obserwowane na Ziemi w warunkach naturalnych. Nie jest też możliwe wykorzystanie do

uzyskania temperatur kriogenicznych przestrzeni kosmicznej, w której panuje równowagowa temperatura 2,725 K, gdyż atmosfera ziemska uniemożliwia swobodne wypromieniowywanie energii cieplnej w przestrzeń pozaziemską. W kriogenicie w szczególny sposób uwidacznia się druga zasada termodynamiki wprowadzająca asymetrię do skali temperatur i wskazująca na nieodwracalność pewnych fizycznych i chemicznych procesów. O ile temperatury znacznie wyższe od otoczenia mogą występować na Ziemi w sposób naturalny, np. na skutek uderzenia pioruna może zostać wzniesiony pożar powodujący lokalny wzrost temperatury nawet do kilku tysięcy stopni, o tyle nigdy nie zaobserwowano np. spontanicznego

skroplenia się powietrza nawet w najbardziej mroźny, zimowy dzień. Rekordowo niską temperaturę 100 pK ( $100 \times 10^{-12}$  K) osiągnięto poprzez adiabatyczne rozmagnesowanie spinów atomów rodu w laboratorium w Helsinkach w 2000 roku. Temperatura ta jest o 10 rzędów wielkości niższa od temperatury występującej we Wszechświecie w wyniku relikтового promieniowania w zakresie mikrofal po Wielkim Wybuchu (2,725 K), stąd kriogenika jest jedną z nielicznych dziedzin, w których nauka wyprzedziła Naturę o wiele rzędów wielkości. Obecnie dostępne technologie pozwalają na uzyskiwanie temperatur badanych próbek tak niskich, jak  $10^5$  K.

W reaktorach wysokotemperaturowej fuzji jądrowej osiągane są temperatury rzędu  $10^8$  K. Względna rozpiętość skali temperatury mierzona ilorazem najwyższych i najniższych osiągalnych w laboratoriach temperatur wynosi około  $10^{14}$  (rys. 1). Na tym tle zakres temperatur, które towarzyszą życiu i działaniom człowieka, jest bardzo wąski. Względny zmianom temperatury towarzyszą bardzo istotne zmiany własności substancji, począwszy od plazmy w eksperymentach fuzji aż do nadprzewodnictwa i nadciekłości w temperaturach bardzo niskich. Użycie na rysunku 1 skali logarytmicznej jest uzasadnione samą definicją temperatury bezwzględnej, zgodnie z którą stosunek dwóch temperatur określa się jako stosunek ciepła pobranego do oddanego przez obieg Carnota zrealizowany w tym przedziale temperatur.

Również biorąc pod uwagę zmiany własności materiałów, odległość na skali temperatury zasadniej jest mierzyć stosunkiem temperatur niż ich różnicą. Można się spodziewać, że w stosunkowo wąskim przedziale temperatur 2,7 K, pomiędzy 0,3 K i 3 K, pojawią się tak istotne różnice własności materii jak pomiędzy 300 i 3000 K, a więc przy różnicy 2700 K. Ponadto z użycia skali logarytmicznej w sposób oczywisty wynika nieosiągalność zera bezwzględnej postulowana przez trzecią zasadę termodynamiki.

Na rysunku 1 temperaturze 0 K odpowiadałby punkt o współrzędnej minus nieskończoność. Przyjęcie jako granicznej temperatury kriogenicznej wartości 120 K jest oczywiście arbitralne i wynika z historycznego rozwoju kriogeniki, kiedy głównym celem badawczym tej dziedziny było skroplenie

gazów uważanych za trwałe, czyli powietrza, tlenu, azotu, wodoru czy helu. Zauważmy też, że takie gazy jak propan, butan, chlor czy freony można skroplić przy temperaturze otoczenia, jeżeli podda się je izotermicznie działaniu odpowiednio wysokiego ciśnienia. Dzieje się tak, gdyż temperatury krytyczne tych gazów są wyższe od temperatury otoczenia i poprzez izotermiczny wzrost ciśnienia można osiągnąć stan dwufazowy, aż do zupełnego skroplenia.

Rozwój kriogeniki stał się możliwy dzięki skropleniu gazów trwałych, których temperatury krytyczne są niższe od temperatury otoczenia. Jak już wspomniano, gazy te nie mogły zostać skroplone w procesach sprężania w temperaturze otoczenia. Trudno nie docenić intuicji angikańskiego pastora Jonathana Swifta, który w wydanej w 1726 roku satyrycznej powieści „Podróże Guliwera” tak opisywał prowadzące donikąd wysiłki uczonych pracujących w fikcyjnej Akademii Projektodawców:

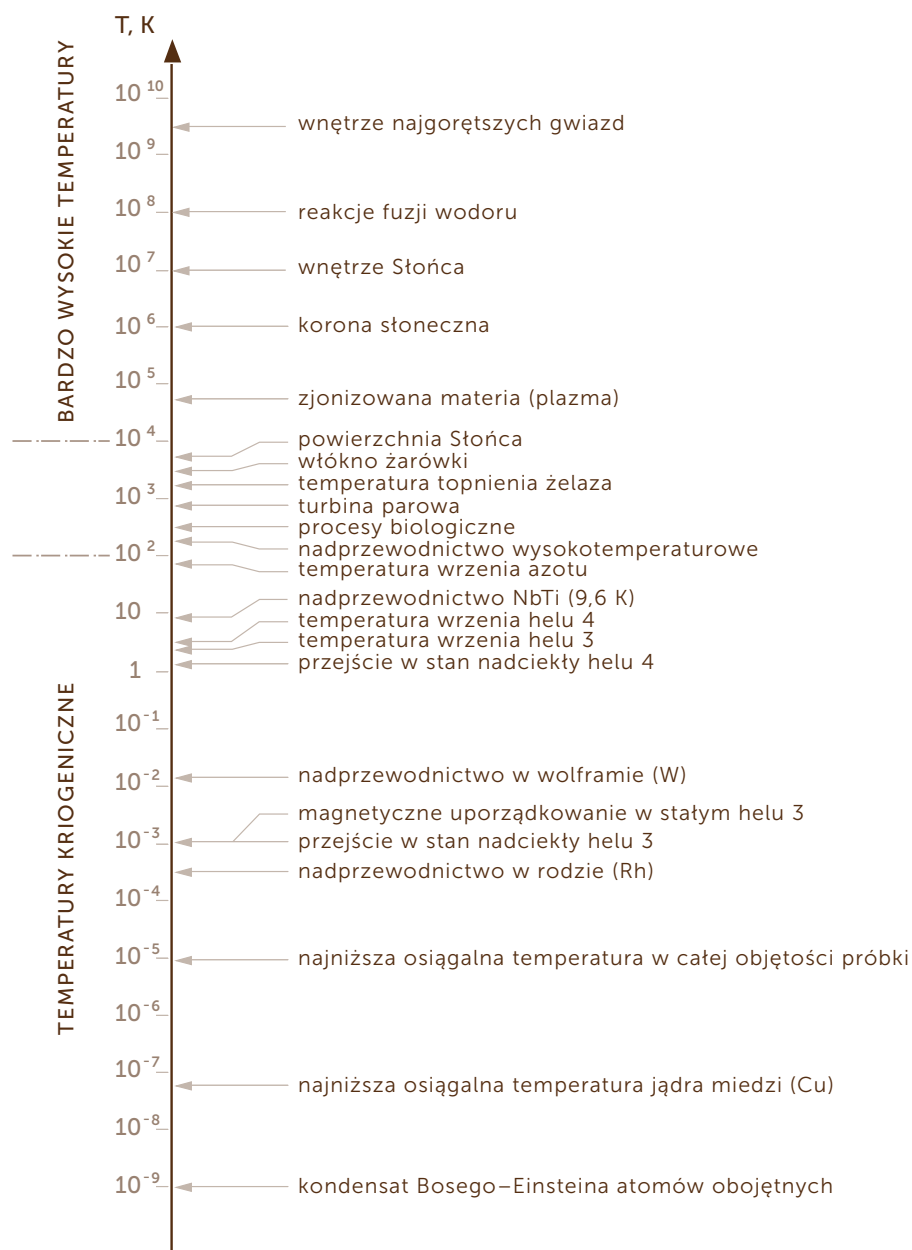
*...Jedni z tych pracowników naukowych napelniali powietrzem ogromne, skórzané wory, a następnie z nagła na nich siadali, gwałtownie je ugniatając... Sztukmistrz generalny wyjaśnił nam krótko, że pierwsi z jego asystentów zajmowali się zgęszczaniem powietrza, aby uczynić z niego substancję twardą jak kamień.*

Pierwszeństwo pełnego skroplenia powietrza i jego składników przypadło w 1883 r. Karolowi Olszewskiemu i Zygmuntowi Wróblewskiemu, pracującym wówczas na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie. Uczni ci po raz pierwszy zastosowali metodę kaskadową polegającą na obniżeniu temperatury gazu poniżej temperatury jego punktu krytycznego, skropleniu go pod podwyższonym ciśnieniem, a następnie odparowaniu pod ciśnieniem atmosferycznym lub niższym.

W 1898 r. James Dewar uzyskał skroplony wodór (20,3 K) w procesie izentalpowego dławienia sprężonego wodoru oziębionego do temperatury ciekłego powietrza. Dewar zastosował rekuperacyjny wymiennik ciepła oraz naczynie o podwójnych ściankach, pomiędzy których usunięto powietrze. Izolacja próżniowa stanowi nadal podstawową metodę ograniczania dopływów ciepła do kriogenicznych zbiorników (zwanymi naczyniami Dewara), rurociągów, zaworów i wszelkiego rodzaju kriostatów.

Ostatni z grupy gazów trwałych – hel, o normalnej temperaturze wrzenia równej 4,2 K, został skroplony przez holenderskiego badacza Heike

↓ Rys. 1. Przykładowe wartości temperatur wybranych zjawisk, skala logarytmiczna



Kamerlingh Onnesa w Lejdzie w 1908 r. Kamerlingh Onnes zastosował proces izentalpowego dławienia po uprzednim ochłodzeniu sprężonego helu do temperatury ciekłego wodoru. Dzięki obniżeniu ciśnienia nad lustrem wrzącego helu Onnes uzyskał temperaturę 1,72 K w roku 1908, a następnie w roku 1922 pokonał barierę 1 K osiągając 0,83 K. Dzięki rozwojowi

ultraniskie temperatury (w zakresie od milikelwinów do rekordowo niskich rzędu kilkuset pikokelwinów) są wykorzystywane w procesach adiabatycznego rozmagnesowania soli paramagnetycznych, rozmagnesowania atomów metali, rozcieńczania ciekłego izotopu  $^3\text{He}$  w nadciekłym izotopie  $^4\text{He}$  oraz adiabatycznego zestalania ciekłego izotopu  $^3\text{He}$  (efekt Pomeranczuka).

## „... perspektywicznymi obszarami, w których należy spodziewać się wykorzystania kriogeniki na dużą skalę są energetyka i transport”

pomp próżniowych, następcą i uczeń Kamerlingh Onnesa, Willem Keesom, stosując wysoce wydajną pompę dyfuzyjną uzyskał temperaturę 0,71 K w 1932 roku. Jest to w zasadzie najniższa temperatura, jaką można uzyskać, posługując się izotopem helu  $^4\text{He}$  i równocześnie stanowi umowną granicę pomiędzy niskimi i ultraniskimi temperaturami. Stosując izotop helu  $^3\text{He}$  charakteryzujący się niższą normalną temperaturą wrzenia (3,1 K), można poprzez obniżanie ciśnienia za pomocą najbardziej wydajnych pomp próżniowych obniżyć temperaturę wrzącej cieczy do około 0,3 K. Jest to graniczna temperatura, którą można osiągnąć, posługując się przemianami termodynamicznymi w gazach.

Hel w temperaturze 2,17 K (w warunkach równowagi fazowej) przechodzi w stan nadciekły, w którym manifestują się zjawiska kwantowe w skali makroskopowej. Od charakterystycznego kształtu zależności ciepła właściwego od temperatury, przypominającego grecką literę  $\lambda$  z maksimum w 2,17 K, przejście to nazwano przejściem lambda. Zjawisko zostało odkryte w 1928 r. przez profesora Politechniki Warszawskiej Mieczysława Wolfkego oraz wspomnianego już holenderskiego fizyka Willema Keesoma (doktora hc Politechniki Warszawskiej). Obecnie hel nadciekły stał się wykorzystywanym wręcz na przemysłową skalę czynnikiem kriogenicznym, stosowanym do kriostatowania magnesów nadprzewodzących i wnęk rezonansowych pracujących przy temperaturze rzędu 1,8 K.

Bardzo niskie temperatury, rzędu  $10^{-9}$  K, uzyskano w roku 2000 dzięki zastosowaniu chłodzenia laserowego grupy atomów rubidu, co w efekcie doprowadziło do powstania kondensatu Bosego-Einsteina. Temperatury te osiągnięto dzięki opanowaniu technologii laserowego chłodzenia i pułapkowania atomów obojętnych. Ponieważ w ten sposób uzyskuje się spowolnienie stosunkowo niewielkiej liczby atomów (rzędu kilku tysięcy), więc metoda ta nie ma znaczenia praktycznego w technice niskich temperatur.

W przeważającej większości zastosowań przemysłowych i badawczych niskie temperatury uzyskuje się poprzez skroplenie gazów i następnie ich odparowanie lub odgrzanie po wcześniejszym przechłodzeniu. W szczególności dotyczy to kriostatowania nadprzewodnikowych magnesów i wnęk rezonansowych w dużych urządzeniach badawczych, takich jak akceleratory cząstek, reaktory termojądrowe czy lasery na swobodnych elektronach.

### Zastosowania kriogeniki

Obecnie trudno byłoby wskazać dziedzinę nauki, techniki lub przemysłu, która nie wykorzystywałaby kriogeniki bezpośrednio bądź pośrednio. Przykładowo przemysł półprzewodników posługuje się czystymi gazami, które mogą być uzyskane jedynie metodami kriogenicznymi. Kriogenika jest tradycyjnie wykorzystywana w szczególności w takich obszarach jak:

- przemysł gazów technicznych,
- kriostatowanie nadprzewodników,

- elektronika i chłodzenie detektorów,
- medycyna i przechowywanie tkanek,
- rolnictwo i przemysł spożywczy.

W związku z rosnącym znaczeniem gazu ziemnego jako surowca energetycznego wzrasta udział skroplonego gazu ziemnego (LNG) w obrotach tym surowcem. Dzięki dużej gęstości i niewielkiemu ciśnieniu LNG jest stosunkowo łatwy w transporcie, magazynowaniu oraz stanowi niskoemisyjne paliwo przede wszystkim dla statków pływających po zamkniętych i przybrzeżnych akwenach (np. Bałtyk, Cieśnina Duńska, Morze Północne). Wydaje się, że LNG spowoduje największe zmiany w strukturze obrotu paliwami oraz umożliwi upowszechnienie transportu opartego na gazie i energetyki gazowej na obszarach znajdujących się poza systemem rurociągów. W szczególności eksport skroplonego gazu ziemnego z USA może zadecydować o nowym obrazie geopolitycznym świata.

Obecna polityka ograniczania emisji  $\text{CO}_2$  powoduje zainteresowanie technologią spalania tlenowego w elektrowniach ciepłych dużych mocy. Wdrożenie tej technologii w elektrowni węglowej o przykładowej mocy 1000 MW (około 3 % całkowitej mocy zainstalowanej w elektrowniach węglowych w Polsce) spowodowałoby konieczność dostarczania do kotłów tlenu w ilości 18 tys. ton na dobę, co stanowi około 200% obecnej produkcji tego gazu w Polsce. Takie ilości tlenu mogą być uzyskane jedynie metodami kriogenicznymi.

Tak więc perspektywicznymi obszarami, w których należy spodziewać się wykorzystania kriogeniki na dużą skalę są energetyka i transport.

### Przemysł gazów technicznych

Opanowanie technologii skraplania i przechowywania powietrza i jego składników pozwoliło na wykorzystywanie tych gazów w procesach przemysłowych. Zastosowanie metod kriogenicznych w przemyśle wytwarzającym gazy techniczne datuje się od przełomu wieku XIX i XX. W 1895 roku Carl von Linde po raz pierwszy zastosował na skalę przemysłową metodę skraplania i rektyfikacji powietrza oraz założył firmę Linde AG. W procesie skraplania powietrza Linde wykorzystał zjawisko izentalpowego dławienia (Joule'a-Thomsona) powietrza wstępnie oziębionego w rekuperacyjnym

# „Kriogenika może być uważana za polską specjalność ...”

wymienniku ciepła. W 1902 r. Georges Claude wykorzystał rozprężarki obok zaworów dławiących w procesach skraplania powietrza i utworzył firmę L’Air Liquide. Pierwsze rozprężarki Claude’a były tłokowymi maszynami powstałymi na bazie maszyn parowych z uszczelnieniami wykonanymi ze skóry. Rozpoczęcie produkcji gazów technicznych (przede wszystkim tlenu) na skalę przemysłową umożliwiło szybki rozwój metalurgii i przemysłu maszynowego. Obecnie skala produkcji gazów technicznych jest jednym ze wskaźników rozwoju gospodarczego i w przybliżeniu wzrost produkcji tych gazów stanowi dwukrotność wzrostu PKB. Dwie pionierskie firmy na rynku gazów technicznych Linde i L’Air Liquide są dzisiaj największe w branży w skali globalnej i równocześnie najbardziej zaawansowane technologicznie, zwłaszcza w budowie wysokoobrotowych turbin rozprężnych skraplanych gazów oraz łożysk gazowych i magnetycznych.

Pomimo rozwoju technologii sorpcyjnych i membranowych kriogeniczna separacja powietrza nadal pozostaje najbardziej ekonomiczną metodą wytwarzania tlenu, azotu i argonu w dużych ilościach, tj. powyżej około 200 ton tlenu na dobę. Azot jest przede wszystkim ubocznym produktem procesu separacji powietrza. Argon jest coraz powszechniej stosowany jako czynnik inertny w atmosferach ochronnych (np. w spawalnictwie) i często odzysk tego gazu decyduje o ekonomice instalacji separacji powietrza (tzw. *ASU – Air Separation Unit*). Budowane obecnie kriogeniczne ASU charakteryzują się również najniższą energochłonnością wynoszącą poniżej 200 kWh/tonę O<sub>2</sub>, przy minimum termodynamicznym wynoszącym 53 kWh/tonę O<sub>2</sub>. Obniżenie energochłonności stało się możliwe głównie poprzez zwiększenie wydajności instalacji i uzyskanie efektu skali. Największa z tenowni została zbudowana przez Linde AG w Las Raffan w Katarze i wytwarza ten gaz w ilości

30 tysięcy ton na dobę, w 8 ciągach technologicznych. W przypadku tlenu o czystości ograniczonej do około 95%, co jest wystarczające w przypadku spalania tlenowego, energochłonność procesu separacji tego gazu z powietrza może zostać zredukowana do około 150 kWh/tonę.

W Polsce produkcja tlenu wynosi około 10 tys. ton tlenu na dobę, z czego ok. 95% wytwarzane jest metodą kriogenicznej separacji powietrza. Należy tylko żałować, że pomimo pionierskich prac Wróblewskiego i Olszewskiego związanych ze skropleniem powietrza i jego składników, brak jest polskiej kapitałowo firmy kriogenicznej wytwarzającej gazy techniczne i dysponującej zaawansowanymi technologiami niezbędnymi przy budowie nowoczesnych i niskoenergetycznych instalacji separacji powietrza. Mający praktycznie krajowy monopol w tej dziedzinie Polgaz został w okresie transformacji w latach dziewięćdziesiątych podzielony na niewielkie, niezdolne, by sprostać wymaganiom globalnej konkurencji podmioty, i rozsprzedany firmom zagranicznym, co spowodowało, że polski przemysł gazów technicznych praktycznie nie istnieje.

## Kriostatowanie nadprzewodników

Jednym z najbardziej spektakularnych zjawisk przejawiających się w niskich temperaturach i dających się wytłumaczyć jedynie na podstawie fizyki kwantowej jest nadprzewodnictwo. Polega ono zarówno na całkowitym zaniku oporu elektrycznego próbki, jak i na wypchnięciu z jej wnętrza pola magnetycznego, czyli idealnym diamagnetyzmie.

Zjawisko nadprzewodnictwa w rtęci w temperaturze 4,2 K zostało zaobserwowane przez Kamerlingha Onnesa już w roku 1911, ale dopiero po uruchomieniu seryjnej produkcji skraplaarek helu w Stanach Zjednoczonych przez Collinsa w latach pięćdziesiątych XX wieku pojawiły się możliwości wykorzystania tego zjawiska w budowie magnesów, urządzeń energetycznych i przyrządów pomiarowych. Teoria nadprzewodnictwa została zaproponowana przez Bardeena, Coopera i Schrieffera (teoria BCS). Do połowy lat osiemdziesiątych XX wieku, zgodnie z teorią BCS uważano, że przejście jakiegokolwiek ciała w stan nadprzewodnictwa jest niemożliwe, jeżeli jego temperatura przekracza 30 K. Najczęściej stosowanymi nadprzewodnikami, przede wszystkim do budowy cewek magnesów, są: stop niobu z tytanem NbTi, o temperaturze krytycznej 9,6 K oraz związek

międzymetaliczny Nb<sub>3</sub>Sn charakteryzujący się temperaturą krytyczną 18 K. Jedynym czynnikiem, który umożliwia utrzymanie tych nadprzewodników w odpowiednio niskiej temperaturze jest hel. W 1986 r. Bednorz i Mueller odkryli zjawisko nadprzewodnictwa w ceramikach tlenkowych przy temperaturze 37 K. Ponieważ pokonana została wynikająca z teorii BCS teoretyczna granica 30 K, zjawisko to otrzymało nazwę nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego. Od tego momentu nastąpił szybki wzrost temperatur krytycznych nadprzewodników wysokotemperaturowych i obecnie wiele z nich zachowuje własności nadprzewodzące nawet powyżej 100 K (YBCO, BISCO). Nadprzewodniki takie mogą być ziębione ciekłym azotem, tanim i powszechnie dostępnym. Z powodu swojej ceramicznej struktury nadprzewodniki wysokotemperaturowe są technologicznie bardzo trudne do wykonania w postaci drutów i kabli, i pomimo wysokich temperatur krytycznych, dotychczas nie udało się ich wykorzystać na dużą skalę.

W 2001 r. stwierdzono nadprzewodnictwo w dwuborku magnezu MgB<sub>2</sub> przy temperaturze 39 K. Jest to ciągle nadprzewodnik niskotemperaturowy, chociaż o temperaturze krytycznej wyższej niż dopuszczana przez teorię BCS. Nadprzewodnik ten jest intensywnie badany pod względem możliwych zastosowań do budowy magnesów i urządzeń energetycznych ze względu na swoją niską cenę i możliwość kriostatowania z wykorzystaniem ciekłego wodoru, neonu oraz gazowych chłodziarek kriogenicznych, w szczególności Gifforda-McMahona oraz rur pulsacyjnych.

Obecnie nadprzewodniki wykorzystywane są przede wszystkim w diagnostyce medycznej – tomografy wykorzystujące zjawisko rezonansu magnetycznego NMR są obecne praktycznie we wszystkich dużych szpitalach, a rynek tych urządzeń można szacować na kilka tysięcy sztuk rocznie. Najbardziej zaawansowane systemy kriogeniczne służą do kriostatowania dużych urządzeń badawczych, takich jak Wielki Zderzacz Hadronów (LHC) w CERN w pobliżu Genewy, reaktor termojądrowy ITER w Cadarache koło Marsylii czy laser na swobodnych elektronach XFEL w Hamburgu. Systemy te zawierają od kilku do ponad 100 ton helu w postaci nadkrytycznej, ciekłej i nadciekłej.

W przypadku kriostatowania LHC, magnesy są zanurzone w przechłodzonym nadciekłym helu będącym pod

ciśnieniem 1 bara (*subcooled pressurized He II*). Dopływy ciepła do magnesów są kompensowane przez moc chłodniczą wytwarzaną przez nasycony hel nadciekły (*saturated He II*) wrzący w wymienniku ciepła pod ciśnieniem 1,6 kPa i przy temperaturze 1,8 K. Rozwiązanie to pozwala na wykorzystanie bardzo dobrej przewodności cieplnej nadciekłego helu i stabilizację pracy magnesów o indukcji pola magnetycznego wynoszącej 10 T i wykonanych ze stopu NbTi w temperaturze 1,8 K z dokładnością do kilku mK.

Praktycznie od momentu odkrycia nadprzewodników wysokotemperaturowych w 1986 r. podejmowane są próby ich wykorzystania w elektroenergetyce, do budowy nadprzewodnikowych kabli, generatorów i silników dużej mocy. Pomimo prawie 30 lat, jakie minęły od odkrycia nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego i spektakularnych sukcesów w opanowaniu technologii wytwarzania giętkich przewodów z materiałów ceramicznych (np. w technologii *Powder-in-Tube*), brak jest na razie komercyjnie dostępnych wyrobów z tych materiałów. Są one wykorzystywane w projektach badawczych, dotychczas największą aplikacją nadprzewodników wysokotemperaturowych jest ich zastosowanie jako doprowadzeń prądowych do magnesów LHC w CERN. Mianowicie jako materiały ceramiczne charakteryzują się złym przewodnictwem ciepłym i doskonałym przewodnictwem (nadprzewodnictwem) elektrycznym – nie spełniają więc prawa Wiedemanna-Franza – dzięki czemu zapewniają znacznie mniejsze dopływy ciepła do magnesów niż tradycyjne doprowadzenia prądowe wykonane z miedzi.

### Kriomedycyna

Kriomedycyna zajmuje się wpływem niskich temperatur na organizm oraz ich wykorzystaniem w celach

terapeutycznych. Urządzenia kriomedyczne mogą być używane do destrukcji tkanek, jak ma to miejsce w przypadku kriochirurgii, lub do miejscowej albo ogólnoustrojowej stymulacji organizmu bez powodowania zamrożenia lub odmrożenia tkanek. W przypadku urządzeń kriochirurgicznych istotny jest bezpośredni kontakt zamrażanej tkanki z końcówką krioaplikatora chłodzoną od wewnątrz ciekłym azotem (rzadziej rozprężonym podtlenkiem azotu) lub bezpośrednio z ciekłym azotem podawanym na chorą tkankę w formie natrysku. Istnieją również chłodziarki przeznaczone do wykonywania zabiegów kriochirurgicznych i wykorzystujące efekt Peltiera. Ich zależą jest uniezależnienie od konieczności dostaw ciekłego azotu lub sprężonego podtlenku azotu, wadą natomiast są wysokie temperatury krioaplikatora i niewielkie moce chłodnicze.

W przypadku krioterapii następuje kontakt skóry z powietrzem lub parami azotu o temperaturze tak niskiej, jak 100–150 K. Przy praktycznie całkowitym braku wilgoci w atmosferze o tak niskiej temperaturze wymiana ciepła pomiędzy gazem i ciałem pacjenta jest bardzo słaba i następuje jedynie niewielkie wychłodzenie skóry do temperatur rzędu kilku stopni Celsjusza. Jest to podobny efekt do obserwowanego w saunie, gdzie powietrze o temperaturze wyższej od temperatury skóry o około 100°C jest suche i nie powoduje odczucia parzenia. Na rysunku 2 pokazano klasyfikację metod kriomedycznych ze względu na charakter zabiegu (krioterapia, kriochirurgia) oraz rodzaj zastosowanego urządzenia. Za wyjątkiem ogólnoustrojowych kriokomór terapeutycznych urządzenia kriomedyczne są zazwyczaj przenośne i zasilane ciekłym azotem, który może być przechowywany w naczyniach Dewara o różnej pojemności.

### Krioterapia miejscowa

Krioterapia miejscowa polega na krótkotrwałym (do kilku minut) poddaniu oddziaływaniu suchych par azotu o temperaturze 100–150 K wybranego miejsca na ciele pacjenta, np. kolana, łokcia, barku, stawu biodrowego. Urządzenia wykorzystywane w miejscowej krioterapii składają się ze zbiornika z ciekłym azotem, w którym umieszczono grzałkę powodującą tworzenie się lekko przegrzanych i suchych par azotu, które są podawane przez elastyczny przewód do dyszy, skąd następuje ich wydmuch bezpośrednio na ciało pacjenta.

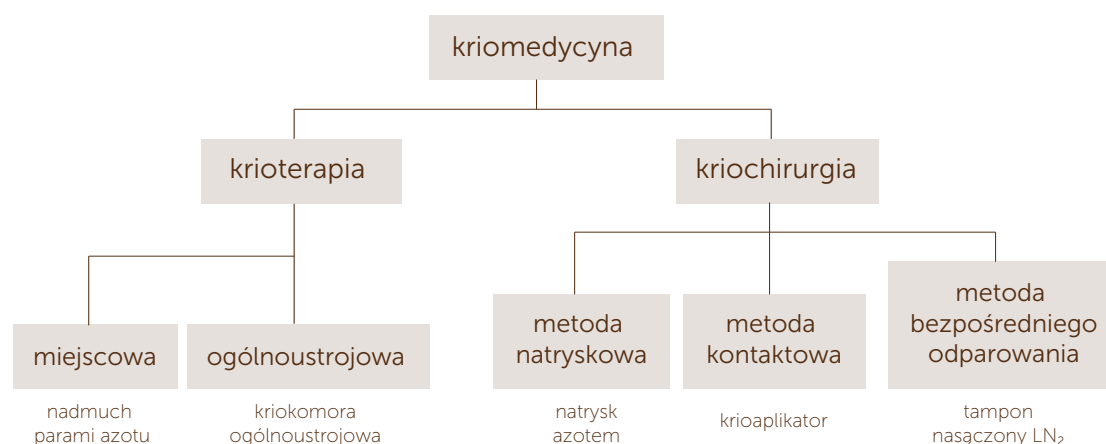
### Krioterapia ogólnoustrojowa

Krioterapia ogólnoustrojowa jest przeprowadzana w kriokomorach, które mogą być chłodzone ciekłym azotem lub mieszaniną ciekłego azotu i tlenu w proporcjach 79% N<sub>2</sub> i 21% O<sub>2</sub> (tzw. syntetyczne powietrze). Najbardziej rozpowszechnione są kriokomory chłodzone ciekłym azotem ze względu na bardzo dobrą dostępność tego czynnika i brak przeciwwskazań wynikających z zagrożenia wystąpienia braku tlenu w komorze.

Typowa kriokomora terapeutyczna składa się z dwóch pomieszczeń, przedsionka i komory zabiegowej. W przedsionku, będącym pomieszczeniem przechodnim, panuje temperatura około 213 K (-60°C). Przedsionek stanowi miejsce, gdzie organizm pacjenta przyzwyczaja się do niskiej temperatury, przed przejściem do komory zabiegowej. Po około 30 sekundach spędzonych w przedsionku pacjent przechodzi do komory zabiegowej, w której panuje temperatura od około 153 K (-120°C) do 113 K (-160°C) i przebywa w niej około trzech minut.

W komorach zasilanych ciekłym azotem powietrze oddechowe musi zostać oczyszczone, osuszone i wstępnie

↓ Rys. 2 Kategoryzacja metod i urządzeń kriomedycznych



schłodzone. Instalacja kriogeniczna komory zasilanej syntetycznym powietrzem jest znacznie prostsza, odparowana ciecz nie wymaga żadnego dodatkowego oczyszczania i może stać się bezpośrednio powietrzem oddechowym. W komorach zasilanych mieszaniną ciekłego azotu i tlenu (syntetycznym powietrzem) najpierw następuje odparowanie tej mieszaniny w wymiennikach ciepła i następnie jej wdmuchnięcie do kriokomory, gdzie stanowi atmosferę oddechową. W przypadku pełnego opróżnienia zbiornika magazynowego syntetycznego powietrza z cieczy może się zdażyć, że do kriokomory zostanie podana faza gazowa ze zbiornika, charakteryzująca się ponad 50% udziałem azotu. Jest to spowodowane tym, że temperatura wrzenia azotu pod ciśnieniem normalnym wynosi 77,3 K i jest niższa od temperatury wrzenia tlenu (90,2 K), stąd równowagowy udział azotu w fazie gazowej jest znacznie wyższy niż w fazie ciekłej. Kriokomory zasilane syntetycznym powietrzem muszą być więc wyposażone w specjalne urządzenia zabezpieczające zbiornik magazynowy przez całkowitym opróżnieniem z cieczy i ewentualna awaria tych urządzeń może być przyczyną wystąpienia zagrożenia dla zdrowia, a nawet życia pacjentów.

Przyczyną niewielkiego rozpowszechnienia się komór zasilanych syntetycznym powietrzem, poza wspomnianymi już względami bezpieczeństwa, jest ograniczona oferta tego czynnika kriogenicznego przez firmy gazowe.

### Kriogenika polską specjalnością

Kriogenika może być uważana za „polską specjalność” i to zarówno z powodu historycznych zasług Polaków w tej dziedzinie, jak i ze względu na współczesne kompetencje polskich ośrodków naukowych, medycznych i przemysłowych.

Polska jest krajem, gdzie rozwinęła się krioterapia i jest obecnie więcej zainstalowanych kriogenicznych komór krioterapeutycznych zainstalowanych w ośrodkach medycznych, rehabilitacyjnych, spa i sportowych niż w pozostałych krajach świata.

Polska jest od lat 70-tych XX wieku jedynym europejskim producentem ciekłego helu, który jest wydzielany z gazu ziemnego w Zakładach Odzotowania Gazu Ziemnego w Odolanowie, obecnie będących częścią PGNiG. Pomimo stosunkowo niewielkiego udziału w światowej produkcji helu (około 2,5 %), hel był nieprzerwanie dostępnym w polskich laboratoriach

pomimo ograniczeń w wymianie międzynarodowej, w szczególności w latach osiemdziesiątych XX wieku (kriogenika helowa była objęta embargiem rządu USA). Pozwoliło to na utrzymanie, a wręcz rozwój kompetencji w projektowaniu i produkcji laboratoryjnej aparatury kriogenicznej, w tym kriostatów helowych. Dzięki tej ciągłości możliwe było zaoferowanie elementów systemów kriogenicznych ośrodkom europejskim wykorzystującym kriogenikę w dużych urządzeniach badawczych.

Obecnie polskie ośrodki naukowe i przemysłowe dostarczają elementy systemów kriogenicznych dla takich urządzeń jak Wielki Zderzacz Hadronów w CERN w Genewie, laser na swobodnych elektronach XFEL w Hamburgu oraz kompleks akceleratorów FAIR w Darmstadt. W latach 2012–2013 Politechnika Wroclawska we współpracy z Wroclawskim Parkiem Technologicznym oraz przedsiębiorstwami Kates Polska i Kriosystem dostarczyła elementy kriogeniki systemu testów wnęk nadprzewodzących lasera na swobodnych elektronach XFEL w Hamburgu. Dostawa realizowana była w ramach polskiego wkładu rzeczowego do spółki E-XFEL GmbH, której udziałowcem i koordynatorem wkładu rzeczowego z Polski jest Narodowe Centrum Badań Jądrowych w Świerku. Dostawa objęła kilkaset metrów wielokanałowych linii przesyłu ciekłego helu oraz dwa bliźniacze kriostaty pozwalające na równoczesne testowanie ośmiu nadprzewodnikowych wnęk rezonansowych w nadciekłym

helu o temperaturze 1,8 K. Obecnie na Politechnice Wroclawskiej trwają prace projektowe nad systemami kriogenicznymi akceleratora antyprotonów i ciężkich jonów Facility for Antiproton and Ion Research. Akcelerator zostanie zbudowany w pobliżu Darmstadt przez międzynarodową spółkę FAIR GmbH, której udziałowcem i koordynatorem wkładu rzeczowego z Polski jest Uniwersytet Jagielloński w Krakowie. Planowana jest współpraca z European Spallation Source (ESS) w Lund również przy projektowaniu i wytwarzaniu helowych systemów kriogenicznych. W Polsce wykonywane są analizy systemu kriogenicznego reaktora termojądrowego ITER.

Tak więc pomimo własnego przemysłu gazów technicznych, dzięki wieloletniej kulturze „kriogenicznej” oraz aktywnym uczestnictwie polskich ośrodków naukowych (w szczególności Narodowego Centrum Badań Jądrowych, Instytutu Fizyki Jądrowej, Uniwersytetu Jagiellońskiego, Politechniki Wroclawskiej i innych) w budowie dużej infrastruktury badawczej w Europie, kriogenika ponownie staje się konkurencyjną ofertą polskiej nauki i współpracujących z nią ośrodków przemysłowych.

### BIBLIOGRAFIA

1. Chorowski M., *Kriogenika – podstawy i zastosowania*, MASTA 2007
2. Gabrys M. S., Popiel A., *Krioterapia w medycynie*, Urban & Partner Editor, Wrocław, 2003
3. Sieroń A., Cieślak G., Stanek A., *Cryotherapy*, Alfa Medica Press, Bielsko Biata, 2010

**Profesor Maciej Chorowski**, absolwent Wydziału Mechaniczno-Energetycznego (M-E) Politechniki Wroclawskiej, specjalizujący się w kriogenice i jej aplikacjach. Dziekan Wydziału M-E Politechniki Wroclawskiej w latach 2005–2012. W latach 1996–1998 pracownik naukowy Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych CERN w Genewie, koordynator zaangażowania przemysłu polskiego w budowę akceleratora LHC w CERN oraz reaktora termojądrowego ITER w Cadarache. Inicjator zaangażowania Politechniki Wroclawskiej oraz przemysłu polskiego w dostawy instalacji kriogenicznych dla lasera na swobodnych elektronach XFEL w Hamburgu oraz kompleksu akceleratorów FAIR w Darmstadt. Prezes zarządu Wroclawskiego Parku Technologicznego w latach 2002–2012. Inicjator i koordynator transferu technologii detektorów gazowych GEM z CERN do przemysłu polskiego. Obecnie reprezentant Polski w Komitecie Finansowym CERN, łącznik przemysłu polskiego z CERN, członek komitetu ExCo europejskiej agencji Fusion for Energy, przewodniczący Komisji Kriogeniki i Skraplania Gazów Międzynarodowego Instytutu Chłodziactwa IIR w Paryżu oraz członek ICEC – Międzynarodowego Komitetu Inżynierii Kriogenicznej z siedzibą w Zurychu. Autor i współautor ponad 150 prac dotyczących kriogeniki, energetyki oraz współpracy przemysłu z dużymi laboratoriami badawczymi.



# Chiny za murem czy murem za Chinami

*mgr inż. Maciej Trusiak o swojej przygodzie z chińskim systemem edukacji*

Chiński system oświaty jest największym tego rodzaju przedsięwzięciem w świecie, biorąc pod uwagę zarówno liczbę uczniów i nauczycieli, jak i samych placówek edukacyjnych. Dzieci naukę rozpoczynają w wieku 6 lat, uczęszczając do szkoły podstawowej. Obowiązkowa edukacja obejmuje 6 lat szkoły podstawowej oraz 3 lata szkoły średniej pierwszego stopnia (odpowiednika polskiego gimnazjum), przy czym w większości przypadków jest ona bezpłatna. Niemniej jednak w obliczu ogromnego rozwoju gospodarczego i rosnącej zamożności chińskiego społeczeństwa, coraz popularniejsze stają się szkoły (czy nawet przedszkola) prywatne oferujące „lepszy start” w kraju, gdzie konkurencja jest niezwykle duża i wysoki status społeczny jest podstawowym celem w życiu zdecydowanej większości mieszkańców.

Po ukończeniu obowiązkowych dziewięciu lat nauki uczniowie aplikują do szkół średnich drugiego stopnia, czyli odpowiedników polskich liceów. W szkołach ogólnokształcących nauka trwa 3 lata, zaś w szkołach zawodowych 4 lata. Przygodę ze szkołą średnią kończy egzamin gaokao (chin. 高考), który sprawdza wiedzę z języka chińskiego, matematyki, języka angielskiego, historii, fizyki, chemii i biologii. Do zdobycia jest łącznie 750 punktów, przy czym wynik powyżej 600 zazwyczaj oznacza kontynuację nauki w jednym z najlepszych chińskich uniwersytetów. Aż 150 punktów można otrzymać za egzamin z języka angielskiego, co stało się tematem ożywionej debaty.

Według raportu Ministerstwa Edukacji w Chinach działa powyżej 3000 szkół wyższych (w tym blisko 1700 państwowych uczelni), do których uczęszcza blisko 26 milionów studentów. Wszystkie jednostki edukacyjne zrzeszone w centralnym systemie oświaty podlegają Ministerstwu Edukacji, które decyduje o polityce, legislacji, planach rozwojowych i funduszach wszystkich szkół

wyższych. Prezydent każdej instytucji jest wyznaczany przez Komunistyczną Partię Chin i jej bezpośrednio podlega. Wśród szkół wyższych możemy wyróżnić uniwersytety, „koledże”, szkoły policealne, szkoły dla dorosłych, itp. organizowane zarówno na szczeblu ministerialnym, jak i przez władze miast, prowincji, regionów autonomicznych. Chiński rząd przygotował i wprowadził w życie dwa duże projekty mające za cel rozwój oraz doskonalenie poziomu kształcenia i prowadzenia badań naukowych na najlepszych krajowych uniwersytetach. Pierwszy z nich to tzw. Projekt 211 (21 w nazwie pochodzi od XXI wieku, zaś 1 symbolizuje liczbę 100 zrzeszonych początkowo uczelni), który został ogłoszony w 1995 roku. Uczelnie członkowskie muszą spełniać wiele wyśrubowanych kryteriów

gwarantujących najwyższą jakość kształcenia/badań i najbogatszą ofertę naukową. Obecnie w programie bierze udział 117 uczelni (6% wszystkich standardowych uczelni), które szkolą 80% doktorantów, 67% studentów studiów magisterskich, 50% studentów z zagranicy i 33% studentów studiów inżynierskich. Uczelnie 211 mają w swojej ofercie 85% kluczowych przedmiotów (*State key subjects*), zrzeszają 96% kluczowych laboratoriów (*State key laboratory*) i skupiają 70% budżetu Chin przeznaczonego na finansowanie nauki. W pierwszej fazie projektu 211 w latach 1996–2000 rozdysponowano 2,2 miliarda dolarów. Drugi rządowy program, zwany projektem 985, został wprowadzony 4 maja 1998 roku w setną rocznicę założenia najbardziej prestiżowego chińskiego uniwersytetu Peking (46 w rankingu QS World Universities Rankings). Nazwa programu pochodzi od daty jego rozpoczęcia 9/8/5. Głównym celem projektu 985 było przyspieszenie rozwoju dziewięciu najlepszych uniwersytetów chińskich i stworzenie grupy elitarnych, prestiżowych uczelni o międzynarodowej renomie, mogących konkurować z najważniejszymi światowymi ośrodkami badawczymi. Grupa dziewięciu uczelni zwana C9 (lub chińską Ivy League), w której skład wchodziły Tsinghua University (bardzo wysokie 18 miejsce w rankingu QS World Universities w kategorii Engineering and Technology), Peking





University, Harbin Institute of Technology, University of Science and Technology of China, Fudan University, Zhejiang University, Nanjing University, Shanghai Jiao Tong University i Xi'an Jiao Tong University generowała 20% rocznej liczby publikacji i 30% cytowań. W 2009 roku przyjęła do swojego grona jeszcze 30 uniwersytetów, by w 2011 oficjalnie zamknąć drzwi przed pozostałymi uczelniami. Za opisanymi reformami systemu oświaty stoi Jiang Zemin, ówczesny sekretarz generalny Komunistycznej Partii Chin.

Rok akademicki jest podzielony na dwa semestry. Pierwszy rozpoczyna się na początku września, drugi w połowie lutego, przy czym każdy trwa 20 tygodni. Oprócz letnich wakacji i zimowych ferii wolne od nauki są trzy dni w trakcie wiosennego festiwalu: Dzień Pracy, Narodowy Dzień Chińskiej Republiki Ludowej i Chiński Nowy Rok. W Chinach obowiązują trzystopniowe studia, w trakcie których zdobywa się dyplom licencjatu (4 lata), magisterium (2-3 lata) i doktorat (3-5 lat). Programy nauczania na uczelniach muszą być dostosowane do ogólnokrajowych rządowych dyrektyw. Obecnie można zaobserwować zmianę sposobu nauczania. Zdecydowanie odchodzi się już od klasycznego jednostronnego kontaktu profesor-studenci i uczenia się na pamięć, stawiając coraz śmielej na interaktywne zajęcia, praktyczne warsztaty, szkolenia etc. Ponadto dużą wagę przykładana się do poziomu prowadzonych badań naukowych, które szczególnie w zakresie nauk inżynierskich mają ogromne przełożenie na sytuację ekonomiczną i rozwój gospodarczy. Do września 2010 roku w Chinach działało 1041 uniwersytetów kształcących 301 200 studentów studiów magisterskich i

przeszło 5,5 miliona studentów studiów inżynierskich mających do dyspozycji 202 centralne laboratoria i 56 ośrodków badawczo-rozwojowych.

Główną instytucją rozdzielającą środki na finansowanie projektów naukowych jest National Science Foundation of China (NSFC). Budżety typowych projektów rekomendowanych do finansowania przez NSFC wynoszą około miliona juań (pół miliona złotych) co jest traktowane jako bardzo szczodre dofinansowanie. NSFC jest prestiżową instytucją i prowadzenie projektu finansowanego przez te agencje jest wymagane do uzyskania awansu w strukturach uczelnianych 20 najlepszych uniwersytetów w Chinach. Praca na uczelni wiąże się oczywiście z dydaktyką, ale ze względów finansowych profesorowie zatrudniani przez najlepsze uniwersytety większość czasu przeznaczają na badania naukowe. Taki stan rzeczy jest możliwy dzięki zatrudnianiu sporej liczby profesorów i ich stosunkowo niewielkim pensum dydaktycznym. W środowisku naukowym w sposób otwarty porusza się kłopotliwą kwestię korupcji i rekomendowania do finansowania projektów „po znajomości”. Rząd podjął walkę z korupcją, modyfikując proces recenzji wniosków, utajniaszając informacje o wnioskujących, licząc na obiektywną ocenę. Taka postawa ma utrudnić działanie „niewidzialnych rąk” jak w Chinach nazywana jest akademicka machina korupcyjna.

Swój staż finansowany przez stypendium wyjazdowe Centrum Studiów Zaawansowanych odbyłem współpracując z profesorem Xiangiem Zhou z Xi'an Jiaotong University (XJTU). Grupa prof. Xiangia Zhou specjalizuje się w rozwijaniu zaawansowanych, jednoramkowych, adaptacyjnych algorytmów dekompozycji modów empirycznych do analizy i przetwarzania obrazów prążkowych na potrzeby metrologii optycznej (z projekcją rastra do wyznaczania kształtu 3D obiektów i mapy głębokości sceny). Celem mojej wizyty był rozwój tych nowatorskich algorytmów i zwiększenie ich wydajności. Oprócz prof. Zhou w skład grupy wchodzi wyłącznie studenci studiów inżynierskich i magisterskich. O skali ich talentu może świadczyć zwycięstwo w prestiżowym, ogólnokrajowym konkursie matematyczno-inżynierskim – to bardzo popularne w Chinach wydarzenie transmitowane jest „na żywo” przez jedną ze stacji CCTV. Jest to bardzo młoda i niezwykle rozwijająca się grupa – w XJTU prof. Zhou jest pionierem w takim modelu organizowania badań naukowych, które zwykle prowadzone

są wyłącznie przez pracowników naukowych uczelni. Oprócz finansowania z grantów NSFC oraz korzystania z szerokiej oferty stypendialnej (XJTU jest członkiem grupy C9, co przekłada się na sytuację finansową uczelni) grupa prof. Zhou zdobyła sponsora badań naukowych z sektora prywatnego. Ponadto firma typu spin-off założona przez prof. Zhou otrzymała pozwolenie na otwarcie fabryki high-tech oraz finansowanie od Komunistycznej Partii Chin. Ten ambitny zespół, który rozpoczął swoje działania w niewielkim biurze finansowanym w pełni z prywatnych środków prof. Zhou, zrealizuje wkrótce „Chinese dream” i wprowadzi na rynek swój pierwszy produkt – kamerę do pomiaru głębokości (system podobny do Xbox Kinect) z wykorzystaniem projekcji prążków i analizy obrazu algorytmem dekompozycji modów empirycznych. Ogromną wagę przykładana się w Chinach do komercjalizacji wyników badań naukowych. Między innymi dzięki tak sprawnej działalności naukowo-przemysłowej prof. Zhou zaledwie 5 lat po ukończeniu studiów doktoranckich otrzymał awans na stanowisko profesora.

Kończąc swoją krótką relację, chciałbym się odnieść do stereotypu „chińskiej pracowitości”, która jest absolutnym mitem. Faktycznie chińscy doktoranci w pracy spędzają niemal cały dzień (7-23), jednak przez zdecydowaną większość czasu jedzą, śpią lub zajmują się wszystkim tylko nie pracą. Śniadanie trwa od 7 do 9:30. Na obiad wychodzi się już przed 12, natomiast wraca wedle uznania (drzemka wydłuża oczywiście cały proces), przy czym zajęcia dla studentów ruszają o 14. Kolacja trwa od 16 do 18 – w porach posiłków życie kampusu skupia się w stołówkach. Wieczory większość doktorantów spędza przy swoich komputerach w biurach na uczelni – to jedyne miejsce, gdzie mają dostęp do internetu/komputera. Nie oznacza to jednak, że pracują...

{ Mgr inż. Maciej Trusiak, doktorant na Wydziale Mechatroniki Politechniki Warszawskiej. Stypendysta CSZ w ramach konkursów: na naukowe stypendia satcjonne i naukowe stypendia wyjazdowe. Laureat programu MNiSW – Diamentowy Grant. }

# Zarządzanie przyszłości

dr hab. inż. Janusz Zawita-Niedźwiecki, dr inż. Stanisław Dyrda,  
mgr inż. Leszek Wiśtowski

Zjawiska omawiane w niniejszym artykule świadczą o wielkich przemianach współczesnej cywilizacji, na razie tylko technicznej, które w perspektywie do 10 lat diametralnie przeobrażą otaczającą nas rzeczywistość. Zjawiska te to NBIC, Internet Przyszłości i Internet Rzeczy, Big Data, sieci NGN oraz Przetwarzanie w Chmurze.

NBIC to ogół najnowszych technologii z dziedzin nanotechnologii, biotechnologii, informatyki i kognitywistyki. NBIC prowadzi do następujących przemian [4]: modyfikacja genetyczna rodzaju ludzkiego, ekspansja jego potencjału poprzez nano-bio-info-cogno implanty, współdzielenie osobowości i danych z maszynami oraz innymi ludźmi, komunikacja mózg-komputer, transfer osobowości ludzkiej do robotów, czipy wszczepiane bezpośrednio do mózgu, mapowanie całego świata w czasie rzeczywistym poprzez RFID do systemów rozszerzonej rzeczywistości. Do 2025 roku obraz ten stanie się rzeczywistością [2].

Internet Przyszłości oraz Sieci NGN to według definicji ITU-TS sieć pakietowa realizująca usługi telekomunikacyjne i wykorzystująca szerokopasmowe techniki transportowe z gwarancją jakości usług, w której funkcje usługowe są niezależne od wykorzystywanych technik transportowych. Istotne znaczenie ma też wdrożenie protokołu Internetu IPv6 z uwagi na wyczerpywanie zasobu wolnych adresów obecnego IPv4 [1]. Budowa Internetu Przyszłości jest przejawem globalizacji i jednym z jej elementów napędowych, decydującym o powodzeniu realizacji koncepcji społeczeństwa informacyjnego i cyfrowej gospodarki. Internet Przyszłości obejmuje: Internet Osób, Internet Mediów, Internet Energii, Internet Usług i Internet Rzeczy [11]. Szczególnie znaczący wydaje się Internet Rzeczy. Projekt ten ma za zadanie doprowadzenie do sytuacji, w której wszystkie przedmioty produkowane na świecie będą miały swój indywidualny radiowy numer rejestracyjny zapisany w chipie RFID (*Radio Frequency Identification*). W ten sposób każdy produkt będzie monitorowany od powstania aż do jego „śmierci”. Historia, lokalizacja geograficzna, stan, możliwości itp.

produktu będą dostępne dla użytkowników na całym świecie. Wszystkie obiekty będą pozycjonowane na mapie świata poprzez GPS i inne technologie, a za pomocą internetowych przeglądarek typu obecnego Google będzie można wyszukiwać przedmiotów, tak jak teraz poszukuje się informacji [3]. Umownie ujmując, rzeczom będzie nadawana tożsamość, tak jak ludziom.

Internet Rzeczy powinien umożliwić komunikację czegokolwiek/kogokolwiek z czymkolwiek/kimkolwiek, wszędzie i zawsze przy wykorzystaniu dowolnych usług czy sieci. Specyfika rozwiązań Internetu Rzeczy wynika z przewidywanej skali jego działania, obejmującej nawet setki miliardów obiektów (z których tylko bardzo niewielka część jest obecnie połączona z siecią), ich mobilności, różnorodności i złożoności.

Internet Rzeczy już istnieje [13]. W tym kontekście można wymienić szereg aplikacji, takich jak systemy zdalnego odczytu liczników energetycznych, połączone z siecią telefony komórkowe wyposażone w dodatkowe urządzenia, jak czytniki kart płatniczych, ściśle oznaczanie/numeracja produktów farmaceutycznych, partii surowców i półproduktów używanych do ich produkcji, systemy logistyczne zarządzające przemieszczaniem się obiektów, np. towarów w magazynach lub środków transportu w transporcie drogowym czy kolejowym.

Internet Rzeczy obejmuje ogromną liczbę możliwych zastosowań związanych z zarządzaniem różnego rodzaju urządzeniami, systemami i obiektami z wykorzystaniem technologii RFID, telemetrii, nawigacji GPS oraz nowej generacji interfejsów pozwalających na korzystanie w trybie ciągłego dostępu z inteligentnego, aktywnego środowiska różnego rodzaju usług. Daje to szansę na znaczącą poprawę jakości życia codziennego, a także usprawnienie procesów biznesowych, w wielu wypadkach na obniżenie kosztów ich realizacji, a także bardziej precyzyjne określanie tych kosztów i sposobów ich właściwego adresowania. Wśród obszarów zastosowań można wymienić:

→ usługi telemedyczne, począwszy od lokalizacji pacjenta;

- usługi logistyczne i transportowe, obejmujące zarządzanie informacją o środkach transportu, magazynach, towarach, ładunkach, pasażerach, natężeniu ruchu, systemach sygnalizacji i zarządzania ruchem;
- zdalną edukację;
- społecznościowe korzystanie z Internetu Przyszłości do personalizacji usług;
- wsparcie usług multimedialnych, chodzi nie tylko o rozrywkę, ale też o telepracę, zdalny udział w konferencjach, spektaklach, koncertach;
- wsparcie koncepcji „Inteligentnych Miast” polegające na wykorzystaniu kompleksowych usług zapewniania komfortu życia mieszkańców;
- wsparcie koncepcji „Inteligentnej Energii” polegające na dynamicznym zarządzaniu sieciami przesyłowymi i dystrybucyjnymi za pomocą punktów pomiarowych rozmieszczonych w wielu węzłach i łączach, które z kolei stanowią podstawę systemów Inteligentnych sieci lub Inteligentnych Budynków.

Rozwój Internetu jako platformy komunikacji, a także zapewnienie powszechnego dostępu do informacji oraz swobody jej wymiany w skali globalnej – to kierunki działania jednoznacznie społecznie akceptowane. Jednakże nadziejom na poprawę jakości życia towarzyszą często obawy przed utratą prywatności, a nawet poważnej części wolności osobistej, zaś w konsekwencji – wykorzystywania dostępnej w globalnym systemie informacji o każdym człowieku, jego zachowaniach, poglądach, zwyczajach, preferencjach i upodobaniach, znajomych, kontaktach itp.

Wielu polityków, rządy wielu państw UE, a także Komisja Europejska stoją na stanowisku, że rozwój Internetu Przyszłości i Internetu Rzeczy nie może być pozostawiony sektorowi prywatnemu i wymaga centralnych regulacji prawnych, którym będą podlegać wszyscy obywatele. Może to być postrzegane jako dążenie do zagwarantowania stosownych praw i wolności obywatelskich, ale może też rodzić obawy, że Regulator będzie

podejmować działania nieakceptowane przez znaczną część społeczeństwa. Wydaje się, że dla najbardziej świadomej części społeczności internetowej zagrożenia te są niekiedy nawet bardziej istotne niż potencjalny wzrost komfortu życia.

Przetwarzanie w Chmurze (*Cloud Computing* - nazwa pochodzi od popularnego przedstawiania na rysunkach środowiska techniki telekomunikacyjnej, w tym Internetu, jako charakterystycznej chmury) to model świadczenia usług przetwarzania danych, pozwalający na dostęp na żądanie, przez sieć, do dzielonej puli zasobów (sieciowych, serwerowych, pamięci masowych, aplikacji i usług). Zasoby te mogą być zamawiane przez klientów i w odpowiedni sposób konfigurowane.

Przetwarzanie w chmurze stwarza iluzję nieskończonych zasobów dostępnych na żądanie. Pozwala pozbyć się dylematu, czy uda się obsłużyć wszystkich użytkowników, co będzie, gdy ich liczba wzrośnie, ile zgromadzić sprzętu poszczególnych rodzajów lub jak skalować aplikację. Odpowiada za obsługę dowolnie wahającego się obciążenia, a opłaty ponoszone są dokładnie za stopień wykorzystania zasobów [12].

Wprowadza zmiany techniczne, które mają wyjątkowo ważne konsekwencje organizacyjne, biznesowe i prawne. Przetwarzanie w chmurze zapewnia o wiele lepszą strukturę kosztów. Następuje bowiem przenoszenie ciężaru kosztów z inwestycyjnych (*capex*) na rzecz operacyjnych (*opex*). Zmniejszenie kosztów inwestycyjnych obniża barierę podejmowania przedsięwzięć opartych na znaczącym wykorzystywaniu IT. Istotne jest zrozumienie, że przetwarzanie w chmurze już się zadołowało i że będzie się upowszechniać. Punktem krytycznym staje się łączność teleinformatyczna, która łączy odległego użytkownika z niewidocznym dla niego centrum przetwarzania danych. Korzyści tego to:

- elastyczne wykorzystanie mocy obliczeniowej, z której korzystanie upodabnia się do posługiwania się np. energią elektryczną, gazem komunalnym, wodą komunalną, czyli do zasobu o określonych parametrach, który można pobrać z zewnątrz za uzgodnioną wcześniej opłatą;
- łatwy dostęp do najnowszych technologii - za to odpowiedzialny jest dostawca usługi;
- ograniczenie inwestycji w sprzęt - niższe wydatki inwestycyjne i koszty utrzymania;

- minimalizacja aktywów niepracujących, przewidywalność kosztów oraz proporcjonalność kosztów do przychodów;
- przeniesienie na dostawcę obowiązku zapewnienia odpowiedniego poziomu niezawodności oraz bezpieczeństwa;
- łatwiejszy dostęp do aplikacji dla pracowników mobilnych, możliwe jest zalogowanie się z dowolnego miejsca z wykorzystaniem urządzeń mobilnych.

Wynikają z tego konsekwencje dla zarządzania, a być może szerzej - dla organizacji życia społecznego. Nowoczesne technologie staną się relatywnie tanie, powszechnie dostępne, zaś ich funkcjonalność przekroczy dotychczasowe wyobrażenia. Swoboda w sięganiu po nie wyzwoli niespotykaną dotąd innowacyjność, bowiem dosłownie każdy będzie mógł zastosować różnorodne rozwiązania w obszarze swoich umiejętności i zainteresowań, a wobec tego będą się pojawiać, zupełnie nieoczekiwane dla ich wytwórców, zastosowania tych rozwiązań. Z drugiej strony pojawią się poważne komplikacje w zakresie percepcji i absorpcji takiego postępu technicznego, prowadzące do pogłębiania podziałów pokoleniowych. W tym miejscu należy przytoczyć ważną obserwację prof. M. Muraszkiewicza [7] z Wydziału EiTI PW, że różnica między środowiskiem a technologią polega na tym, że w środowisku się rodzi, a technologia pojawia się w trakcie naszego życia. Wobec tego im więcej technologii się pojawia, tym bardziej zmieniają one środowisko, do którego jesteśmy przyzwyczajeni, i w jakimś momencie pojawia się bariera niemożności adaptacji do dalszych innowacji. Ta bariera będzie się pojawiać w życiu ludzi coraz wcześniej. Odnośnie do zarządzania będzie to mieć m.in. następujące skutki:

- Wszelkie obszary życia społecznego i gospodarczego będą na bieżąco obserwowane i rejestrowane w sposób pozwalający na dogłębną i precyzyjną analizę. Jej skuteczność będzie zależała od umiejętności przefiltrowania wyjątkowo obszernych danych i wyselekcjonowania właściwych (zjawisko i wyzwanie określane mianem *Big Data*). Będzie możliwe uzyskanie pełnego (a nie jak dotąd przybliżonego) obrazu typowych zagadnień typu - ile koszul koloru niebieskiego o wybranym rozmiarze kupili mieszkańcy danej gminy w wybranym okresie. Tym samym

podstawy podejmowania decyzji będą podatne na automatyzację, pod warunkiem znalezienia właściwego źródła informacji i narzędzi właściwego ich przetworzenia.

- Dominacja kosztów zmiennych w strukturze kosztów doprowadzi do pogłębiającej się proporcjonalności kosztów do prowadzonej działalności. Powodem tego będzie outsourcingowe świadczenie dowolnej aktywności, traktowanej przez usługobiorców jako świadczenie standardowe, tak jak obecnie dostawy wody, prądu czy usługi telefonicznej.
- Powszechniejsze korzystanie z usług, które dotąd ze względu na barierę kosztów nabycia były dostępne tylko dla firm zamożniejszych. Zjawisko to jest już obserwowane w zakresie usług przetwarzania w chmurze, otóż narzędzia informatyczne dotąd kierowane do dużych przedsiębiorstw są użytkowane także przez dużo mniejsze, które - płacąc proporcjonalnie do intensywności wykorzystywania - mogą sobie na to pozwolić.
- Standaryzacja usług na zasadzie krystalizowania się standardów de facto, przypomina to powstawanie przed stu laty standardów dostarczania energii elektrycznej dla konsumentów masowych.
- Zwiększona konkurencja i polaryzacja podmiotów gospodarujących. Potwierdzenie znajdzie klasyczny model innowacyjności, w którym wykazuje się, że nowe pomysły powstają w małych podmiotach lub wręcz są dokonania pojedynczych osób, ale ich umasowienie i powszechna dostępność może być zapewniona tylko przez dysponujące odpowiednimi kapitałami korporacje.
- Zmiana już dziś, podobnie jak ryzyko, jest główną cechą prowadzenia wszelkiej działalności tak gospodarczej, jak i administracyjnej czy edukacyjnej lub dowolnej innej. Dotąd żartobliwe powiedzenie, że nie ma nic trwalszego niż zmiana, stanie się zasadą współczesnych społeczeństw w obliczu coraz szybciej dokonujących się przemian i zjawisk postępu technologicznego.

W XIX w. rewolucja przemysłowa odmieniła stosunki społeczne i zrodziła naukowe zarządzanie. Omówione

wyżej przemiany dokonają jeszcze większej rewolucji technicznej i spowodują potrzebę zweryfikowania podstaw funkcjonowania współczesnych społeczeństw, a w tle odmienia koncepcje dyscypliny zarządzania.

## BIBLIOGRAFIA

1. Bartosiewicz A., *Potencjał funkcjonalny baz danych PLI CBD do wykorzystania po uruchomieniu PLI CBD*, Yon-Consulting, 2010 (materiały Urzędu Komunikacji Elektronicznej);
2. Belissent J., *Globalne trendy IT w obszarze przetwarzania w chmurze*, Forrester Research, Warszawa 2011;
3. Cellary W., *Co dalej w technice informatycznej?*, [w:] Informatyka gospodarcza, red. J. Zawita-Niedźwiecki, K. Rostek, A. Gąsioriewicz, C.H. Beck, Warszawa 2010;
4. *Converging Technologies for Improving Human Performance (nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science)*, National Science Foundation, 2002;
5. *Internet of Things – An action plan for Europe, communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*, Brussels 18.6.2009;
6. Mateos A., Rosenberg J., *Chmura obliczeniowa*, Helion, Warszawa 2011;
7. Muraszkiwicz M., *A second face of innovation*, Konferencja Przedsiębiorczość w czasach kryzysu, Brama Innovation Camp Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej, Jachranka 28-29.12.2011;
8. *Raport 'Cloud computing, politics and adult social networking'*, Pew Internet & American Life Project, 2008;
9. *Scenarios for the Future of Technology and International Development*, Fundacja Rockefellera, 2010;
10. Sosinsky B., *Cloud computing Bible*, Wiley Publishing, 2011;
11. Vermesan O., Friess P., *Internet of Things – Global Technological and Societal Trends*, River Publishers, 2011;
12. Zgajewski M. i inni, *Przetwarzanie w chmurze (Cloud computing) w sektorze finansowym*, Forum Technologii Bankowych Związku Banków Polskich, Warszawa 2012;
13. <http://www.internet-of-things-research.eu>.

**Dr inż. Stanisław Dyrda**, dyrektor w Narodowym Centrum Badań i Rozwoju, były pracownik Instytutu Sterowania i Elektroniki Przemysłowej Politechniki Warszawskiej, menedżer firm sektora telekomunikacji oraz informatyki, współautor monografii *Informatyka Gospodarcza* (w 2011 r. nagroda Wydawców Ekonomicznych).

**Mgr inż. Leszek Wiśłowski**, IBM-Polska, były pracownik znanych dostawców usług IT i doradztwa Forrester Research, SAP i Gartner.

**Dr hab. inż. Janusz Zawita-Niedźwiecki**, Politechnika Warszawska, Wydział Zarządzania, Zakład Informatyki Gospodarczej. Autor monografii *Bezpieczeństwo systemów informacyjnych* (w 2012 r. nagroda Rektora PW) i *Zarządzanie ryzykiem operacyjnym w zapewnianiu ciągłości działania organizacji* (w 2013 r. rozprawa habilitacyjna). W przeszłości kierownicze stanowiska w gospodarce i administracji. Członek rad naukowych GłODO i Giełdy. Członek Polskiej Komisji Akredytacyjnej. Przewodniczący Rady Fundacji im. Premiera Prof. Kazimierza Bartła.

{29}

## CENTRUM W NOWYM PROJEKcie PONADNARODOWYM

W marcu 2014 r. Politechnika Warszawska podpisała umowę o dofinansowanie na realizację projektu pt. „Wsparcie inicjatyw Politechniki Warszawskiej w kształceniu i doskonaleniu kadr w zakresie innowacyjnych technik teleinformatycznych”. Projekt współfinansowany jest przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, Program Operacyjny Kapitał Ludzki.

- Priorytet IV: Szkolnictwo Wyższe i Nauka.
- Działanie 4.1: Wzmocnienie i rozwój potencjału dydaktycznego uczelni oraz zwiększenie liczby absolwentów o kluczowym znaczeniu dla gospodarki opartej na wiedzy.
- Poddziałanie 4.1.1: Wzmocnienie potencjału dydaktycznego uczelni.

Projekt ma charakter ponadnarodowy oraz stanowi nawiązanie współpracy uczelni z pracodawcami. Celem głównym projektu jest wzmocnienie potencjału dydaktycznego i rozwoju praktycznych elementów kształcenia w PW w zakresie technik teleinformatycznych poprzez wypracowanie we współpracy z partnerami zagranicznymi

- Uniwersytetem w Luksemburgu, Polytech - Uniwersytetem Technicznym w Nantes oraz Duńskim Uniwersytetem Technicznym - nowoczesnych rozwiązań technologicznych i organizacyjnych wykorzystywanych w procesie dydaktycznym.

**Wartość:** 3 298 060,50 zł

**Czas realizacji:** 03.2014 r. - 06.2015 r.

**Ilość zadań:** 6

Zadania dotyczą:

- Stacjonarnych studiów podyplomowych z analityki biznesowej oraz podstaw telekomunikacji i teleinformatyki;
- Kursów specjalistycznych przygotowanych we współpracy z IBM;
- Szkoleń i warsztatów;
- Staży u pracodawców: Huawei Polska Sp. z o.o., IBM Polska Sp. z o.o., Samsung Electronics Polska Sp. z o.o. - R&D Center, Systemics-PAB Sp. z o.o., Telekomunikacja Polska S.A. oraz Urząd Komunikacji Elektronicznej (UKE);
- Anglojęzycznych warsztatów i hackathonów;

- Celowych wyjazdowych stypendiów naukowych do partnerów zagranicznych.

Liderem projektu będzie Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych PW, który zrealizuje zadania we współpracy z Ośrodkiem Kształcenia na Odległość PW oraz Centrum Studiów Zaawansowanych PW.

Beneficjentami projektu będą: studenci, doktoranci, nauczyciele akademicki oraz uczestnicy kursów, szkoleń, warsztatów, studiów podyplomowych. CSZ PW realizuje zadanie 6 - Celowe wyjazdowe stypendia naukowe.

W ramach **zadania 6** młodzi naukowcy PW będą mogli ubiegać się o stypendia na zrealizowanie celowych staży w jednostkach partnerów zagranicznych ujętych w Projekcie. Wnioski będą rozpatrywane w postępowaniu konkursowym rozstrzyganym przez specjalnie powołaną Komisję Konkursową.

Środki przyznane na realizację niniejszego zadania to 771 550,00 zł.

Aleksandra Burzyńska

## ACADEMIA SCIENTIARUM PRINCIPALIUM – WYKŁADY OTWARTE Z MATEMATYKI, FIZYKI I INFORMATYKI



We czwartek 14 listopada 2013 r. odbyła się pierwsza w tym roku akademickim sesja wykładów otwartych z matematyki i informatyki, adresowanych do studentów lat I-III, licealistów, nauczycieli i wszystkich innych zainteresowanych. Około 220 uczestników spotkania wysłuchało następujących referatów:

- *O tym, jak na wielu komputerach uruchomić jeszcze więcej programów*  
- Jakub Onufry Wojtaszczyk,
- *Gdy się wejdzie wyżej, to można zobaczyć więcej* - Edmund Puczyłowski,
- *Ile matematyki jest w fotografii?*  
- Marcin Kysiak.

Kolejna sesja wykładów miała miejsce 27 marca 2014, tym razem odczyty dotyczyły matematyki, fizyki i informatyki:

- *O interfejsach komputerowych*  
- Mikołaj Bojańczyk,
- *O małym dużym zbiorze* - Wiktor Bartol,
- *Od Newtona do bozonu Higgsa, czyli historia pewnej unifikacji*  
- Krzysztof Turzyński.

Joanna Jaszuńska

↑ Uczestnicy wykładów otwartych 14 listopada 2013 r. | fot. J. Jaszuńska

## WARSZTATY KRAJOWEGO FUNDUSZU NA RZECZ DZIECI I CENTRUM STUDIÓW ZAAWANSOWANYCH POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

*Ile tego jest? Elementy kombinatoryki*

W dniach 13-16 grudnia 2013 r. odbyły się czwarte warsztaty Krajowego Funduszu na rzecz Dzieci i Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej zatytułowane *Ile tego jest? Elementy kombinatoryki*. Adresatami byli najzdolniejsi młodzi miłośnicy matematyki – podopieczni KFnRD.

W warsztatach uczestniczyło 25 osób z całej Polski, głównie uczniowie klas II i III gimnazjum. W programie przewidziano 11 wykładów matematycznych (część z nich miała charakter interaktywny lub warsztatowy), wizytę w Centrum Nauki Kopernik na dwóch wystawach czasowych, a także atrakcje wieczorne: pokaz filmu w technologii full dome *Na skrzydłach marzeń* w planetarium CNK oraz naukę gry w starochińskiej grze planszową GO. Ze szczegółowym harmonogramem warsztatów można zapoznać się na stronie

Warsztaty KFnRD i CSZ PW

| fot. J. Jaszuńska →

[www.csz.pw.edu.pl](http://www.csz.pw.edu.pl), w dziale Dla uczniów i studentów lat I-III.

Krajowy Fundusz na rzecz Dzieci to organizacja pożytku publicznego, która od ponad 30 lat zajmuje się opieką nad najzdolniejszą młodzieżą, organizując liczne obozy naukowe, warsztaty badawcze, seminaria, koncerty, wystawy i innego rodzaju spotkania.

Grudniowe warsztaty były czwartymi organizowanymi wspólnie przez KFnRD i CSZ, po warsztatach pt. *Elementy Teorii Grafów* w roku 2010, *Elementy*

*teorii liczb i kryptografii* w roku 2011 oraz *Geometria – proste i krzywe* w roku 2012.

Na przełomie maja i czerwca 2014 r. planowane są kolejne, piąte warsztaty, tym razem adresowane do licealistów i poświęcone różnym aspektom gier w matematyce, informatyce i ekonomii. Więcej informacji o działalności Funduszu znaleźć można na stronie [www.fundusz.org](http://www.fundusz.org).

Joanna Jaszuńska



# Nauka na warsztatach

VIII Warsztaty Naukowe Centrum Studiów Zaawansowanych PW

Minionej jesieni, już po raz ósmy, Centrum Studiów Zaawansowanych zaprosiło swoich stypendystów do uczestnictwa w warsztatach naukowych.

Zostały one zorganizowane 25-27 października 2013 r. w Sterdyni. Udział w warsztatach wzięło 23. stypendystów a spotkania warsztatowe uświetnili zaproszeni goście: Mariusz Andrzejczak (wiceprezes zarządu Polskiego Holdingu Obronnego), prof. Zbigniew Brzózka (Dziekan Wydziału Chemicznego PW), prof. Maciej Jarosz (Wydział Chemiczny PW), prof. Franciszek Krok (Wydział Fizyki PW), prof. Piotr Wolański (Wydział MEiL PW). Wśród gości specjalnych znaleźli się również: mgr inż. Jan Gierałtowski, jeden z organizatorów Programu Wakacyjnych Projektów Badawczych oraz mgr inż. Sławomir Łapiński, przewodniczący Rady Doktorantów PW.

Otwarcia warsztatów dokonał dyrektor CSZ, prof. Stanisław Janeczko, prezentując wykład zatytułowany *Nieskończona siła wizji pitagorejskiej*. Kolejnymi prelegentami byli: Jan Gierałtowski – *Realizować cele, marzenia czynić celami* oraz Sławomir Łapiński – *Rada Doktorantów Politechniki Warszawskiej struktura i funkcjonowanie*.

Ostatnim punktem programu była sesja posterowa stypendystów.

Kolejnego dnia spotkania rozpoczął profesor Franciszek Krok wykładem specjalnym pt. *Politechnika Warszawska w rankingach światowych*. Pozostała część dnia upłynęła na referatach stypendystów.

Na uroczystym zakończeniu warsztatów dyrektor CSZ, w imieniu Komitetu Naukowego Warsztatów, wręczył nagrody w konkursie na najlepszą prezentację ustną i poster.

## LAUREACI KONKURSU W KATEGORII – NAJLEPSZA PREZENTACJA USTNA:

- miejsce I – mgr inż. Paulina Ziętek, Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej PW, *Hybrydowe biomateriały na bazie stali nierdzewnej do zastosowań kardiochirurgicznych*;
- miejsce II – mgr inż. Tomasz Drobiazg, Wydział Fizyki PW, *Kontrolowanie przerwy energetycznej absorbera w cienkowarstwowych ogniwach słonecznych Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub>*;
- miejsce III – mgr inż. Barbara Ostrowska, Wydział Inżynierii Materiałowej, *Wpływ architektury wewnętrznej na właściwości biologiczne trójwymiarowych porowatych rusztowań polimerowych dla potrzeb leczenia ubytków kostnych w inżynierii tkankowej*.

## LAUREACI KONKURSU W KATEGORII – NAJLEPSZY POSTER:

- miejsce I – mgr inż. Anna Jusza, Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych PW, *Właściwości luminescencyjne kompozytów na bazie PMMA domieszkowanych nanokryształami aktywowanymi jonami ziem rzadkich*;
- miejsce II – mgr inż. Michał Rolak, Wydział Elektryczny PW, *Algorytm sterowania maszyną wielofazową w przypadku utraty jednej z faz*;
- miejsce III – dr inż. Marcin Słoma, Wydział Mechatroniki PW, *Zastosowanie druku 3D w wytwarzaniu układów elektroniki drukowanej*.

Kolejne warsztaty odbędą się również w Sterdyni, w dniach 23-25 maja 2014.

Zapraszamy do odwiedzenia strony poświęconej wszystkim do tej pory zorganizowanym warsztatom:  
<http://www.csz.pw.edu.pl/Projekty/Warsztaty-CSZ>

(31)

Anna Żubrowska

↓ Uczestnicy warsztatów CSZ (od lewej: dr inż. Joanna Izdebska, mgr inż. Anna Fiedukowicz, dr inż. Marcin Słoma, prof. Maciej Jarosz)



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

Merytoryczną opiekę nad UOSZ sprawuje Rada Programowa Centrum, którą tworzą naukowcy z Politechniki Warszawskiej, Uniwersytetu Warszawskiego, Uniwersytetu Jagiellońskiego i Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych, a także Polskiej Akademii Nauk.

# Uczelniana Oferta Studiów Zaawansowanych

## WYKŁADY 2013/2014

wykłady podstawowe  
(30 h)



- Elementy mechaniki analitycznej – prof. Piotr Przybyłowicz (PW) ❁
- Półprzewodniki - rola w epoce informacyjnej – prof. Marian Grynberg (UW)\* ❁
- Podstawy fizyki ciała stałego – prof. Jerzy Garbarczyk (PW) ❁
- Chemia - metody kwantowe – prof. Lucjan Pielak\* (UW) ❁
- Geometria różniczkowa jako narzędzie nauk przyrodniczych, cz.1 – prof. Jerzy Kijowski (PAN)\* ❁
- Kosmonautyka – prof. Piotr Wolański (PW)\* ❁
- My i nasze geny; nadzieje i obawy – prof. Ewa Bartnik (UW)\* ❁
- Równania różniczkowe zwyczajne – prof. Tadeusz Rzeżuchowski (PW)\* ❁
- Teoria automatów i języków formalnych: studium praktyczne – prof. Władysław Homenda (PW)\* ❁
- Optyczne metody badań i pomiarów obiektów inżynierskich i biologicznych – prof. Małgorzata Kujawińska (PW)\* ❁
- Geometria różniczkowa jako narzędzie nauk przyrodniczych, cz.2 – prof. Jerzy Kijowski (PAN)\* ❁

wykłady specjalne  
(15 h)

- Building Information Modeling (BIM) – wykładowcy Politechniki Warszawskiej (WA, WIL, WIŚ, WE, WGiK) ❁
- Jak działa Wszechświat? – prof. Marek Demiański (UW)\* ❁
- Rezonans Magnetyczny w zastosowaniach biomedycznych – dr hab. inż. Piotr Bogorodzki (PW), dr inż. Ewa Piątkowska-Janko (PW), mgr inż. Wojciech Obrębski (PW), dr inż. Błażej Sawionek (PW), mgr inż. Wojciech Gradkowski (PW), prof. dr hab. Paweł Grieb, dr Michał Fiedorowicz (IMDiK PAN) ❁
- Filozofia umysłu, poznania i działania: wybrane zagadnienia – dr Tadeusz Ciecierski (UW)\* ❁
- Fizykochemiczne badania materii w kryminalistyce – wykładowcy Centrum Nauk Sądowych UW\* ❁
- Charakterystyka materiałów inżynierskich – prof. Zbigniew Pakieła (PW) ❁
- Zaawansowane techniki badawcze do charakterystyki mikrostruktury i właściwości materiałów – wykładowcy Wydziału Inżynierii Materiałowej PW ❁
- Teoria katastrof – prof. Stanisław Janeczko (PW) ❁
- Modelowanie numeryczne w fizyce atmosfery – prof. Lech Łobocki (PW) ❁
- Ryzyko operacyjne - najnowsze wyzwanie zarządzania – dr hab. inż. Janusz Zawita-Niedźwiecki (PW) ❁
- Nanoparticle Based Nanotechnology – prof. Michael Giersig (Freie University Berlin) ❁
- Terahertz Plasma Excitations in Semiconductor Nanostructures – prof. Wojciech Knap (University of Montpellier 2 & National Center for Scientific Research) ❁

*Lista wykładów specjalnych jest w ciągu roku poszerzana.*

❁ – semestr zimowy, ❁ – semestr letni, \* – wykład współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

*Uaktualniona lista przedmiotów w ciągu roku akademickiego znajduje się na stronie internetowej Centrum*

Biuletyn Centrum Studiów Zaawansowanych „Profundere Scientiam”

Pl. Politechniki 1, p.152-154, 00-661 Warszawa; e-mail: [csz@csz.pw.edu.pl](mailto:csz@csz.pw.edu.pl), [www.csz.pw.edu.pl](http://www.csz.pw.edu.pl)

Zespół redakcyjny: Małgorzata Zielińska - redaktor naczelna, Aleksandra Burzyńska, Joanna Jaszuńska, Ilona Sadowska, Ewa Stefaniak, Anna Żubrowska | Opieka merytoryczna: prof. Stanisław Janeczko

Projekt graficzny: Emilia Bojańczyk / Podpunkt | Skład: Małgorzata Zielińska / CSZ