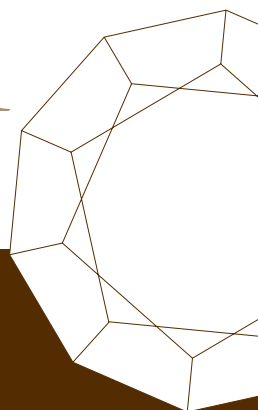




# PROFUNDERE SCIENTIAM



nr 9 październik 2013

BIULETYN CENTRUM STUDIÓW ZAAWANSOWANYCH POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

## Kosmos – daleki, ale bliski

*Rozmowa z profesorem Piotrem Wolańskim, wiceprzewodniczącym Komitetu ds. Pokojowego Wykorzystania Przestrzeni Kosmicznej (COPUOS) ONZ i współorganizatorem kierunku Lotnictwo i kosmonautyka na Politechnice Warszawskiej*

**Małgorzata Zielińska:** Astronomia i kosmologia stają się coraz bardziej popularne a doniesienia z tych dziedzin wzbudzają ogromne zainteresowanie i emocje ludzi na całym świecie. Z czego to Pana zdaniem wynika? Dlaczego Pan zainteresował się astronautyką i kosmosem?

**Piotr Wolański:** Moje zainteresowanie astronautyką i badaniami kosmicznymi datują się jeszcze na lata pięćdziesiąte XX w., kiedy chodziłem do szkoły średniej. Ta dziedzina zafascynowała mnie jeszcze przed wystrzeżeniem pierwszego sztucznego satelity Ziemi – Sputnika 1. Niemniej jednak od tych ponad 50 lat nastąpił tak gwałtowny rozwój badań i wykorzystania przestrzeni kosmicznej, że dzisiaj trudno sobie wyobrazić życie bez zastosowania technik kosmicznych. Większość ludzi nie zdaje sobie z tego sprawy, ponieważ korzystają pośrednio ze zdobyczy z badań kosmicznych i nie zawsze są tego świadomi. W naszym kraju ludzie interesują się przede wszystkim astronomią, bo to ona od zawsze bardzo interesuje ludzi (społeczeństwa), ale na szczęście coraz więcej osób zdaje sobie też sprawę z wagi badań kosmicznych i możliwości ich wykorzystania na co dzień. Moi studenci na spotkaniach poświęconych takim badaniom robią

prezentację pokazującą, jak by wyglądał dziś nasz dzień bez wykorzystania technik kosmicznych – nasze życie w obecnym wydaniu praktycznie by zamarło. Tych technik wykorzystywanych na co dzień jest bardzo wiele. Przede wszystkim telekomunikacja w bardzo szerokim zakresie (korzystanie z kart płatniczych/kredytowych, przelewy bankowe, rezerwacje hoteli, zakupy biletów przez Internet itd.), meteorologia, nawigacja. Dodatkowo bez monitorowania środowiska naszej planety i jej otoczenia, zachodzące w nim zmiany byłyby mniej przewidywalne.

**MZ:** Czyli we wroście zainteresowania zagadnieniami kosmicznymi upatruje Pan bardziej potrzeb czysto prozaicznych niż chęć odkrywania tajemnic kosmosu?

**PW:** Niewielu ludzi zdaje sobie sprawę, że na poznawcze badania kosmiczne, czyli te, które rozszerzają nasze horyzonty, poświęca się ok 10% budżetu, który jest przeznaczony na rozwój technik satelitarnych. Pozostałe 90% skierowane jest na badanie otoczenia naszej planety, które ma bardzo duży wpływ na wszystko, co dzieje się na jej powierzchni, oraz na użyteczne wykorzystywanie technik kosmicznych.

### W NUMERZE

*między innymi:*

- *Kosmos – daleki, ale bliski* – rozmowa z profesorem Piotrem Wolańskim (s. 1)
- *Nieskończona siła wizji pitagorejskiej*, profesor Stanisław Janeczko (s. 1)
- *W królestwie Hypnosa* – wywiad z profesorem Peterem Achermannem (s. 8)
- *Relatywistyczne zderzenia ciężkich jonów jako narzędzie w badaniu diagramu fazowego silnie oddziałującej materii* – dr inż. Katarzyna Grebieszko (s. 11)
- *Stypendyści Centrum w kraju i zagranicą* (s. 17)

### NIESKOŃCZONA SIŁA WIZJI PITAGOREJSKIEJ

*Profesor Stanisław Janeczko (na podstawie wykładu wygłoszonego w czerwcu tego roku, podczas VII Warsztatów Naukowych CSZ w Lipnik Parku)*

Około 530 roku p.n.e. wyjechał z Samos i osiadł w największym mieście greckim Krotonie (południe Włoch). Poprzedzała go wielka sława. Mieszkańcy Krotonu uważali, że jest synem Apolla Hiperborejskiego. Funkcjonowało wówczas powiedzenie, że „ze stworzeń rozumnych są bogowie, ludzie i istoty takie jak Pitagoras”. Jego pierwszy wykład w tym mieście – kazanie do kryptończyków zgromadziło tłumy. Słowa, które wypowiadał, były niezwykle. Niosły tak głębokie i przymuszające do przyjęcia przesłanie, że sześcuset słuchaczy przystąpiło spontanicznie, pozostawiając rodziny bez pożegnania, do wspólnotowego życia bractwa – bractwa

pitagorejskiego. Pitagoras urodził się w pierwszych dziesięcioleciach VI wieku p.n.e. Wiek Konfucjusza, Buddy, filozofów jońskich, w których szkole z mitologicznego świata zaczęła wyłaniać się myśl poszukująca racjonalnych przyczyn i naturalnych wyjaśnień. Wiek, który był niewątpliwie punktem zwrotnym w dziejach ludzkości. Jego wielkie przebudzające myśli w ciągu następnych dwu i pół tysiąca lat przekształciły gatunek ludzki bardziej niż prawdopodobnie przez poprzednie setki tysięcy lat. Każdy filozof tego okresu budował własne wyjaśnienie otaczającego go wszechświata. Jednak bardzo od siebie odległe czasem spekulacje łączyła pewna myśl racjonalna i odrzucenie historii z węzami pożerającymi Słońce, żeglujące planety czy złożoną strukturę bogów na Olimpie. Ten ożywczy chaos dociekań „naukowych” z VI wieku p.n.e. porządkuje i kieruje na właściwe tory najbardziej niezwykły Mistrz tego okresu - Pitagoras z Samos. Jego wpływ na losy rodzaju ludzkiego był prawdopodobnie największy ze wszystkich ludzi w dziejach ludzkości. Można także powiedzieć, że jest ojcem kultury europejskiej w zachodniej części obszaru śródziemnomorskiego. Platon, Arystoteles, Euklides czy Archimedes są kamieniami milowymi na drodze do dzisiejszej Europy. Jednak Pitagoras wyznaczył kierunek tej drogi. Zrobił to tak niezwykle ponadczasowo, że Pitagorejska wizja świata jest obecna w sposób niemalże decydujący w naszym dzisiejszym myśleniu i nauce. Wiele terminów w naszym słowniku jak np. „filozofia” czy „harmonia” ma pitagorejski rodowód. Siła wizji Pitagorejskiej była tak olbrzymia, że raz zrodzona w nadzwyczajnym umyśle Pitagorasa idea i przekazana bractwu stała się niezniszczalna, pokazując czystą prawdę i piękno splecione w kreatywnym uścisku.

Niezwykła siła i istota tej wizji tkwi w jej zespalającym i wszechogarniającym charakterze. Łączy religię, naukę i matematykę, matematykę i muzykę, kosmologię i medycynę. Łączy ciało, umysł i ducha w niezwyklej, porywającej syntezie. Wszystkie elementy filozofii pitagorejskiej ząbnią się, tworząc świat niezwykle spójny i jednolity, wzniosły i motywujący swoje istnienia. Osią systemu pitagorejskiego stała się linia łącząca muzykę z liczbami. Odkrycie pitagorejczyków, że wysokość dźwięku jest w bezpośredniej zależności od długości wytwarzającej ten dźwięk struny, że współbrzmiające interwały skali odpowiadają prostym

stosunkom liczbowym, było epokowe. Sprowadzenie zjawisk postrzeganych jakościowo do liczb (dzisiejsze metody obliczeniowe) było początkiem Nauki - pierwszym krokiem w kierunku matematyzacji ludzkiego doświadczenia. Następnie ta wstępna linia systemu została rozszerzona ku gwiazdom oraz ciału i duchowi człowieka. Cały system opierał się na dwóch pojęciach: z jednej strony na harmonii („armunia”), czyli ascetycznej równowadze i porządku, a z drugiej na oczyszczeniu („katharsis”), które na najwyższym poziomie polegało na samowyrzeczeniu, natchnionej kontemplacji całej rzeczywistości, harmonii form i współbrzmienia liczb. Pojęcie nauki czystej, które funkcjonuje do dziś, było drogą do intelektualnej rozkoszy, ale także do duchowego wyzwolenia. Miało odciągać nas od prymitywnych doznań zmysłowych ku sprawom rozumowym i ponadczasowym, ku wiecznym bytom matematycznym - liczbom. Dla pitagorejczyków liczby, jako najczystsze idee były święte. Bezcielesne, żywe innym życiem. Matematyzacja doświadczenia oznaczała jego wzbogacenie i uszlachetnienie. Liczby są niezniszczalne, nie są z materii, wyłaniają się z umysłu i pozwalają na prowadzenie niezwykle zaskakujących i najprzyjemniejszych działań umysłowych bez udziału ułomnych zmysłów. Tak więc dla pitagorejczyków najbardziej skutecznym sposobem na osiągnięcie prawdziwej mądrości - uwolnienie się z zamulających prymitywnych namiętności i złych emocji (oczyszczenie duszy) - a także głównym ogniwem łączącym człowieka z bóstwem, była kontemplacja (odkrywanie) praw matematycznych, form geometrycznych. W dzisiejszym sensie oznacza to prowadzenie badań w dziedzinie nauk matematycznych. Jakże niezwykle była siła Prawdy tej wizji! Jakby nie było dystansu dwu i pół tysiąca lat. Dzisiejsze sukcesy nauki i jej praktycznej reperkusji zwanej techniką, w ułomnym świecie materii są prostym wcieleniem tylko części jej jądra. Niezwykła, całościowa, można by powiedzieć, hiperwizja pitagorejczyków, czeka jeszcze na wcielenie w następnych fazach naszego, niewątpliwie coraz mądrzejszego i lepszego świata.

Filozofowie jońscy znad Morza Egejskiego najbardziej akcentowali materię, z której zrobiony jest wszechświat - byli materialistami. Pitagorejczycy natomiast, jakby kompletując wizję, główny akcent kładli na formę, wzręcz i proporcję. Te dwie koncepcje oscyływały przez całą historię. Raz

uważano, że „wszystko jest ciałem”, a następnie, że „wszystko jest umysłem”, że jest „formą” albo, że jest „substancją”, „strukturą” albo „funkcją” etc. W pitagorejskim świecie filozofia jest najwyższą formą muzyki, a najwyższa forma filozofii dotyczy liczb, ponieważ wszystkie rzeczy są formą, a wszystkie formy, kształty można określić matematycznie-liczbowo. To były przekonujące dowody, że rzeczywistość można sprowadzić do szeregów liczbowych, konstrukcji liczbowych, jeśli tylko pozna się prawa i reguły nimi rządzące. Tym właśnie mieli zajmować się „miłośnicy mądrości”, wówczas „philosophos”, a dzisiaj? Kto byłby najbliższym pitagorejskiej jedności, harmonii i nieudawanej ekstazy? Matematycy, fizycy? A może po prostu ludzie mądrzy? Kogo z nich tak nazwałby Pitagoras? Pomimo wielu trudności system pitagorejski przetrwał. Cechała go niezwykle elastyczna żywotność charakterystyczna dla naprawdę wielkich systemów ideologicznych, których nawet małe fragmenty wykazywały zdolność odradzania się - odtwarzania całego systemu. Matematyzacja świata być może była zbyt uproszczona, jeśli chodzi o używane obiekty matematyczne, ale niosła w sobie całość dzisiejszej nauki i techniki opartej na głębi współczesnej matematyki i jej praktycznych zastosowaniach. Nikt przed pitagorejczykami nie pomyślał, że w strukturach matematycznych, liczbach, równaniach etc., mogłaby się zawierać tajemnica wszechświata, że obiekty matematyczne wyłonione ze świadomości i umysłu mogą stanowić klucz do mądrości, potęgi i w konsekwencji już siedmiu miliardów istnień ludzkich na ziemi współpracujących prawie zgodnie w globalnej harmonii.

Fenomen pitagorejskiej nauki i ideologii jest niezwyklej. Nieważne, że był nierozumiany, przekręcany, dezawuowany, zaślaniany innymi a nawet niszczone. Przetrwał i jest coraz mocniejszy, wydaje się jedyny w ujęciu symbiotycznym materii nawiedzonej świadomością. Skutecznie konkurujący z globalnym konwencjonalizmem - umownym relatywnym dobrem i względną wartością.

{ Profesor Stanisław Janeczko  
- Dyrektor Centrum Studiów  
Zaawansowanych PW }



↑ Rys. 1. Statek kosmiczny Sojuz TMA-7

**MZ:** Polska astronomia plasuje się na bardzo wysokim poziomie. Czy jest szansa żebyśmy osiągnęli taki sukces w ekspansji kosmosu?

**PW:** Badania kosmiczne rozwijają się w Polsce już od dawna, tylko niejako w cieniu astronomii. Już teraz mamy wiele osiągnięć. Niewiele osób wie, że wysłaliśmy w kosmos ponad 70 bardzo zaawansowanych przyrządów, które zostały zrobione w Polsce. W związku z tym, że jesteśmy w Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA), zainteresowanie możliwością naszego bezpośredniego udziału w badaniach kosmicznych znacznie wzrosło. Zgodnie z aktualnymi zainteresowaniami ESA są to badania nakierowane na aspekty poznawcze, ale przede wszystkim na aspekty użyteczne, do codziennego wykorzystania, tj. teledetekcja i nawigacja. Tymi zagadnieniami jest zainteresowana także cała Unia Europejska, która na programy Galileo, Copernicus (wcześniej GMES – *Global Monitoring for Environment and Security*) ma wydać w tym dziesięcioleciu około 15 mld euro. Jest to bardzo duża suma poza budżetami ESA. W takiej sytuacji, niezależnie od naszego zainteresowania, rząd Polski i tak będzie dotował te programy. Jeśli natomiast rozwinię się u nas ta gałąź związana z realizacją Galileo czy Copernicus, to będziemy

mogli lepiej korzystać ze składki, jaką płacimy za nasze członkostwo w Unii Europejskiej.

**MZ:** Czy obecnie mamy jakiś udział w tych dwóch programach unijnych?

**PW:** Na razie nasz udział jest niewielki ze względu na to, że przez bardzo długi czas badania kosmiczne były traktowane w Polsce po macoszemu. Teraz ten obraz dzięki naszej działalności się zmienia. Myślę, że zarówno parlament, jak i rząd są przekonane o potrzebie naszego szerokiego włączenia się w badania kosmiczne. Tym bardziej że mamy potencjał umysłowy i technologiczny – może nie we wszystkich zakresach, ale można bardzo szybko do tego potencjału dojść. Społeczeństwo natomiast z pewnością będzie coraz bardziej przekonane do tych działań, jeśli się pojawią nasze konkretne dokonania nie tylko o charakterze poznawczym, ale przede wszystkim użytecznym, ponieważ kosmos to wykorzystywanie technik kosmicznych dla codziennych potrzeb obywatela.

**MZ:** 2013 to pierwszy rok Polski w Europejskiej Agencji Kosmicznej. Jakie korzyści czerpie z tego tytułu polski sektor kosmiczny? Czy jest to stymulator dla polskiej gospodarki i jakie są perspektywy

dla naukowców zainteresowanych tymi zagadnieniami?

**PW:** Przystąpienie Polski do Europejskiej Agencji Kosmicznej to przede wszystkim duża szansa dla polskiego przemysłu lotniczego i zbrojeniowego, który jest bardzo zbliżony do kosmicznego. Podmioty przemysłowe są ogromnie zainteresowane działalnością kosmiczną. Już w tej chwili różne przedsiębiorstwa zaczynają działania w pozyskiwaniu środków z ESA. To na pewno potrwa jeszcze parę lat, zanim wszystko rozwinię się tak, jakbyśmy oczekiwali, ponieważ obowiązują specjalne procedury, których musimy się nauczyć i które trzeba wdrożyć. Choć Polska jest do 2017 roku w okresie przejściowym i ma pewne ułatwienia w pozyskiwaniu tych pieniędzy i dostosowywaniu się do wymogów ESA, to z drugiej strony musi zdobyć zaufanie i udowodnić, że potrafimy to robić. Jestem przekonany, że w ciągu tych lat polski przemysł się do tego dostosuje. I jeszcze raz podkreślam – tylko kilka, czasami kilkanaście procent jest przeznaczane na badania poznawcze, badanie nowych planet, wszechświata. Reszta środków idzie na badania związane z bezpośrednim wykorzystaniem technik satelitarnych oraz badaniem okolicy Ziemi, która ma wpływ na

oddziaływanie Słońca, pogodę, klimat. I to są te aspekty, które powinniśmy rozwijać przy wykorzystaniu technik kosmicznych.

**MZ:** Składka do ESA to niemałe pieniądze. Czy faktycznie jest tak, że znaczna część tej kwoty wraca do polskich firm? Czy wykorzystujemy te środki?

**PW:** Dla indywidualnego człowieka 20-30 mln euro jest to bardzo dużo, w skali budżetu kraju to jest właściwie niezauważalne. Ponadto mamy zapewniony tzw. zwrot geograficzny – około 90% naszego wkładu musi wrócić na finansowanie przedsiębiorstw w Polsce. Składka podstawowa to około 20 mln euro, dodatkowe 10 mln euro przeznaczają się na programy dedykowane i z tej części do Polski wraca właściwie 100% (bo to jest nasz wkład w nowe programy). Nawet, jeżeli w pierwszych dwóch latach nie uda się

nam wszystkiego wykorzystać, to ta kwota się kumuluje i w ciągu 5 lat, kiedy się już lepiej dostosujemy, będziemy mogli te nadwyżki skonsumentować. Teraz poznajemy procedury, które Europejska Agencja Kosmiczna przez wiele lat dopracowywała. Wymogów jest bardzo wiele, ponieważ większość podejmowanych zagadnień dotyczy najwyższych technologii. Tu należy dodać, że zyskiem dodatkowym, wynikającym z przystąpienia do ESA, jest możliwość bezpłatnego korzystania z wcześniej opracowanych tam technologii.

**MZ:** Duża część środków w związku z wstąpieniem Polski do ESA jest ulokowanych w projektach poświęconych satelitarnej obserwacji Ziemi, telekomunikacji i zintegrowanym aplikacjom. Czy polskie przedsiębiorstwa w wystarczają-

cym stopniu są wdrożone w zagadnienia technologii kosmicznych?

**PW:** Były prowadzone badania i ocenia się, że w Polsce jest około 100 przedsiębiorstw, które mogą się zintegrować i działać na rzecz przemysłu kosmicznego. W tej chwili została utworzona taka grupa około 25 przedsiębiorstw związanych z tematyką kosmiczną. Sądzę, że w najbliższym czasie ta liczba wzrośnie co najmniej dwukrotnie, a patrząc długofalowo, być może zbliży się do szacowanej w analizach przemysłu liczby 100.

**MZ:** Czy wstąpienie do Europejskiej Agencji Kosmicznej otwiera drogę polskim naukowcom do programów realizowanych również w innych krajach przez inne zespoły?

**PW:** Większość tych programów jest realizowana przez wiele krajów członkowskich Europejskiej Agencji Kosmicznej. Założeniem Agencji jest angażowanie różnych przedsiębiorstw z różnych krajów do konkretnych projektów.

**MZ:** Do 2015 r. planuje się 29 wystrzeżeń, podczas których na orbitach zostanie umieszczonych ponad 40 satelitów. Czy możemy powiedzieć, że bierzemy już czynny udział w realizacji tych planów ESA?

**PW:** Niezupełnie. Projekty kosmiczne najczęściej trwają pięć, osiem, a nawet dziesięć lat, ponieważ dotyczą one najwyższych technologii. W większości projektów, które zaakceptowano do realizacji wcześniej, nie ma polskich zespołów. Przykładowo rakieta Ariane 5 została już opracowana i jest doskonała, tak więc trudno sobie wyobrazić żebyśmy zostali wdrożeni w realizację takiego projektu, w którym już wszystkie role są podzielone – w dodatku bez gwarancji, że zrobimy to na wystarczająco wysokim poziomie. W przyszłych natomiast projektach istnieje pełna możliwość integracji polskich zespołów. Do tej pory zostaliśmy zaproszeni do studiów nad budową kolejnej europejskiej rakiety do wysyłania niewielkich satelitów o masie 100 kg na orbity synchronizowane słonecznie. Myślę, że Polska będzie miała swój znaczący udział w budowie tej rakiety.

**MZ:** Czy polska polityka kosmiczna jest ustalona?

**PW:** Świadomość polityków w tym temacie jest na tyle duża, że nikt już nie kwestionuje konieczności przystąpienia Polski do Europejskiej Agencji Kosmicznej. Trzeba też podkreślić, że Polska, jako jedyny kraj ratyfikowała



↑ Rys. 2. Start wahadłowca Discovery, NASA

przystąpienie do ESA jednomyślnie. Dobrze by było, gdyby społeczeństwo zaakceptowało to w równym stopniu. Niestety taki przeciętny słuchacz czy widz nie zawsze rozumie taką potrzebę i z niedowierzaniem podchodzi do naszych możliwości podejmowania działań w kosmosie. Ja natomiast uważam, że polscy inżynierowie, naukowcy wcale nie są gorsi od tych już pracujących w ESA czy w NASA. Warto zaznaczyć, że wielu Polaków pracujących w NASA to ludzie, którzy w znaczny sposób przyczynili się do sukcesów realizowanych tam projektów kosmicznych. Zawsze mówię: ...uwierzmy w siebie, bo mamy bardzo dobrych studentów, inżynierów i naukowców,

## „Uwierzmy w siebie, bo mamy bardzo dobrych studentów, inżynierów i naukowców, trzeba im tylko dać odpowiednie możliwości”

trzeba im tylko dać odpowiednie możliwości, ponieważ Kosmos jest wymagający pod względem stosowanych materiałów i technologii. Jestem przekonany, że w Polsce też możemy wytwarzać produkty na najwyższym poziomie rozwoju światowego tylko potrzeba na to czasu i wysoko zaawansowanych technologii. Niestety koszt takich materiałów i urządzeń, które spełniają wymagania technologii kosmicznych, jest najczęściej 10 do 100 razy wyższy, ponieważ podlega bardzo drobiazgowej selekcji. Urządzenia, które się tam wysyła robi się tak, aby były pewne w działaniu, naprawa urządzeń w kosmosie jest praktycznie niemożliwa, a o ile już była realizowana, to wymagała wysłania w kosmos promu kosmicznego ze specjalnie przeszkoloną załogą. Dlatego wysiłek podejmowany w czasie ich budowy, tu na Ziemi, musi być duży.

**MZ:** Kieruje Pan projektem, którego celem jest opracowanie nowego silnika turbino-owego z detonacyjną komorą spalania. Czy może nam Pan coś o tym projekcie opowiedzieć?

**PW:** Ten silnik turbinowy rozwijamy w Instytucie Lotnictwa. Może wykorzystanie detonacji do silnika turbino-owego nie ma bezpośredniego związku z kosmosem, aczkolwiek procesy detonacji można wykorzystywać również

w silnikach rakietowych. I nad takimi silnikami wykorzystującymi właśnie proces wirującej detonacji również pracujemy. Wykorzystanie detonacji w silnikach jest podyktowane tym, że w procesie detonacyjnym bardzo rośnie ciśnienie. W każdym silniku (np. w dieslu) im wyższe ciśnienie tym silnik jest sprawniejszy. Proces detonacji natomiast jest bardzo szybki i trudny do kontrolowania. Jeśli uda się w pełni opanować kontrolowane spalanie detonacyjne - a już w tej chwili robimy to w pewnym zakresie zarówno w Politechnice, jak i w Instytucie Lotnictwa - to istnieje szansa, że silniki, wykorzystujące ten proces, będą miały sprawność wyższą o 5-10%. Teoretycznie sprawność

te mogą mieć nawet do 30% wyższą, ale już nawet z tych kilku, kilkunastu procent korzyści byłyby olbrzymie. Zagadnienie kontrolowania procesu spalania detonacyjnego jest trudne, ponieważ o ile powolne spalanie deflagacyjne, które można łatwo kontrolować, przebiega z prędkością kilkunastu-kilkudziesięciu metrów na sekundę - czyli stosunkowo wolno - o tyle w detonacji są prędkości rzędu kilometrów na sekundę i przyrost ciśnienia 10-20 atmosfer. Jest to duże wyzwanie, ale trzeba pracować nad takimi rzeczami, bo inaczej postępu nie będzie.

**MZ:** Jako opiekun Studenckiego Koła Astronautycznego ma Pan chyba wiele powodów do dumy. Studenci stawiają sobie ambitne cele. Przykładowo, realizowany od 2004 r. PW-Sat był projektem, który dał duże doświadczenie praktyczne zaangażowanym w nim osobom. Czy polski sektor kosmiczny jest w stanie tym młodym ludziom z pasją zapewnić możliwość dalszego rozwoju w tej dziedzinie?

**PW:** Może rozpocznę od tego, że nauczanie w zakresie astronautyki inicjowałem poprzez realizowanie pewnych programów już w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych. W 1994 roku na Wydziale MEiL zostało utworzone międzywydziałowe nauczanie w tej tematyce. Później w 2005/2006 został wprowadzony na

Politechnice kierunek *Lotnictwo i kosmonautyka*. W połowie lat dziewięćdziesiątych zostało utworzone Studenckie Koło Astronautyczne\*. Początkowo studenci brali udział w lotach parabolicznych, czyli takich, w czasie których wytwarza się krótkotrwały stan nieważkości. Uczestniczyli w pięciu takich kampaniach. Zaczynaliśmy od samolotu Concorde, później na amerykańskim KC135, a trzy ostatnie kampanie odbyły się na europejskim ZERO - G A300. Później studenci zainteresowali się możliwością zbudowania PW-Sata. Prace nad nim trwały dość długo, ale półtora roku temu udało się go umieścić na orbicie w dziewiczym locie rakiety Vega. W tej chwili studenci pracują nad PW-Satem 2, który miejmy nadzieję, będzie bardziej udanym egzemplarzem. Głównym celem tych projektów jest nauczanie studentów, jakie problemy mogą się pojawić w czasie budowy satelity. Moi studenci także budowali przyrządy do stabilizacji kamer, które były umieszczane na balonie w Szwecji - w projekcie ESA Bexus/Rexus, zbudowali rakiety Amelia 1, Amelia 2 - kolejna rakietka wystartuje zapewne we wrześniu. Pierwszy łazik marsjański - Skarabeusz, był zbudowany przez studentów z naszego Koła. Potem to przejęła Politechnika Białostocka i wspólnie z PiAP-em odnosi duże sukcesy. Cube-Saty buduje teraz już AGH. Muszę powiedzieć, że bardzo się cieszę, że ta idea rozwoju badań z dziedziny kosmonautyki stała się taką prekursorską. W całej Polsce coraz więcej studentów się tym interesuje, a to współzawodnictwo mobilizuje, więc jest bardzo korzystne w kontekście szybkości postępu badań i osiągniętych wyników.

**MZ:** Styszałam o niedawnej przygodzie studentów startujących w jednym z konkursów, kiedy musieli na miejscu odtwarzać urządzenie, ponieważ nie doleciała część sprzętu... umiejętność podjęcia działania w takiej sytuacji wskazuje na ich spore doświadczenie...

**PW:** Tak, to byli moi studenci. Polecieli na Florydę i okazało się, że jedna paczka nie doleciała. To była koparka księżycowa. Na miejscu ją odtwarzali - w rezultacie otrzymali dyplom za wytrwałność. Ze Skarabeuszem było tak samo, bo paczki doleciały cztery dni później. Wystartowali tylko w jednej z czterech konkurencji i zajęli czwarte miejsce, pomimo że punkty sumowały się ze wszystkich. Możemy przypuszczać, że gdyby wszystko doleciało na czas, zajęliby lepsze miejsce, albo nawet wygrali ten konkurs łazików

marsjańskich. Na bazie tego uczymy się, że te problemy są różne, nie zawsze techniczne i naukowe.

**MZ:** Pojawiło się ostatnio takie doniesienie, że w styczniu 2018 roku ma wyruszyć dwuosobowa misja na Marsa zaprojektowana przez jeden z zespołów młodych naukowców-studentów (ogłoszone przez *Inspiration Mars Foundation*). Czy sądzi Pan, że studenci Politechniki Warszawskiej, ze swoimi niemałymi osiągnięciami, mogliby stać się członkami takiego zespołu?

**PW:** To jest wyprawa w jedną stronę, tak aby mogli tam przez jakiś czas żyć. Myślę, że jest to w tak krótkim czasie nierealne. Nie wiem, czy powinniśmy wysłać dwuosobową załogę w jedną stronę na taki długi pobyt. Muszę powiedzieć, że do tego typu misji mam pewne wątpliwości, ale myślę, że misja na Marsa zostanie wcześniej czy później zrealizowana, jeżeli zostaną rozwinięte napędy nuklearne. Wtedy zamiast takiej 2,5-letniej wyprawy będzie można ją zrealizować w ciągu pół roku w obie strony. Wtedy to pewnie będzie realne. W najbliższym czasie zamiast lecieć na Marsa będziemy lecieć do asteroid żeby pozyskiwać surowce, których na Ziemi brakuje albo są niedostępne. Będzie

to połączenie misji automatycznych z misjami załogowymi o znacznie większym znaczeniu użytecznym niż tylko poznawcze i przygodowe aspekty lotów na Marsa. Trzeba będzie zarówno poszukiwać surowców (odnaleźć asteroidy, na których one są), a także je wydobywać, przerabiać w kosmosie i transportować na Ziemię.

**MZ:** Czy z powstającym Centrum Innowacyjnych Technologii Lotniczych i Kosmicznych, można wiązać zwiększenie liczby projektów w tych dziedzinach?

**PW:** To tylko zależy od nas, ile projektów będziemy chcieli realizować, jak je przygotowujemy i na ile dostaniemy pieniądze. Uważam, że w Politechnice Warszawskiej mamy wystarczający potencjał intelektualny i technologiczny. Trzymam kciuki, żeby takie przedsięwzięcia się udały.

**MZ:** Co chciałby Pan dodatkowo od siebie przekazać młodym naukowcom, ale także społeczeństwu, aby zachęcić do zainteresowania się astronautyką?

**PW:** Od ponad 50 lat interesuję się astronautyką. Dopiero w ostatnich latach zauważyłem szersze zainteresowanie tym tematem w Polsce i mogę w pełni wykorzystywać swoją wiedzę. Dla młodzieży, która w tej chwili

studiuje, jest to bardzo duża szansa na włączenie się w te dziedziny, które dotyczą najwyższych technologii stosowanych w technikach naziemnych, ale również do celów poznawczych i użytecznych z wykorzystaniem przestrzeni kosmicznej. To otwiera tym młodym ludziom wiele możliwości. Kosmos był i będzie tą dziedziną kojarzoną – nie bez powodu – z najwyższymi osiągnięciami technologicznymi. Trzeba powiedzieć, że nie wszyscy mają dostęp do tych osiągnięć, ale coraz więcej krajów wypracowało swoje własne technologie kosmiczne, które dają im niezależność od systemów międzynarodowych. Poza USA, Rosją i ESA także Japonia, Chiny, Indie, Iran, Izrael, Brazylia, Argentyna, Turcja czy Nigeria, Maroko, Algieria, Tajlandia są kojarzone z przemysłem kosmicznym – budują i wysyłają swoje satelity, szeroko angażują się w te działania i mają swoje agencje kosmiczne. Mam nadzieję, że w Polsce w najbliższym czasie taka agencja również powstanie. Dobrze byłoby gdybyśmy coraz więcej



**Profesor dr hab. inż. Piotr Wolański** urodził się 16 sierpnia 1942 r. w Milówce.

Od 1966 r. pracuje nieprzerwanie w Instytucie Techniki Ciepłej Politechniki Warszawskiej. W 1971 r., uzyskał z wyróżnieniem stopień doktora, a w 1979 r. również z wyróżnieniem stopień doktora habilitowanego. Tytuł profesora otrzymał w 1989 r., a od 1993 r. jest zatrudniony na stanowisku profesora zwyczajnego. Jego działalność naukowa dotyczy problematyki spalania, wybuchów, silników spalinowych, napędów kosmicznych, astrofizyki i metod diagnostyki procesów spalania. Był współorganizatorem nowego kierunku nauczania „Lotnictwo i Kosmonautyka”. Zainicjował nauczanie astronautyki oraz opiekuje się działalnością studencką z tego zakresu. Pod jego opieką został zbudowany pierwszy polski satelita Ziemi „PW-Sat”. Przez wiele lat koordynował w kraju badania z zakresu procesów spalania i eksplozji. Pełnił i pełni wiele funkcji w Politechnice Warszawskiej oraz w krajowych i międzynarodowych organizacjach. Jest przewodniczącym Komitetu Akademickiego ds. Programu „DEKABAN”, współpracuje z Uniwersytetem Michigan w Ann Arbor, USA. Od 2003 r. do chwili obecnej przewodniczy Komitetowi Badań Kosmicznych i Satelitarnych przy Prezydium PAN. Jest również drugim wiceprzewodniczącym Komitetu ds. Pokojowego Wykorzystania Przestrzeni Kosmicznej (COPUOS) ONZ; Członkiem Rzeczywistym Międzynarodowej Akademii Astronautycznej (Paryż); Członkiem Towarzystwa Naukowego Warszawskiego; Członkiem Zwyczajnym Akademii Inżynierskiej w Polsce. Dwukrotnie był członkiem Zespołu T-12 oraz przewodniczył pracom Zespołu O-13 w Komitecie Badań Naukowych. Od 2012 jest członkiem Rady Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz członkiem Zespołu Doradców Strategicznych Rektora PW. Był wielokrotnie wyróżniany i nagradzany, m.in. otrzymał: Doktorat Honoris Causa Technicznego Uniwersytetu w Baku; Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski; Medal Komisji Edukacji Narodowej; Złoty Medal za Zastugi dla Obronności i inne. Szeroko rozwinął współpracę z zagranicą – z ośrodkami naukowymi w USA, Japonii, Wielkiej Brytanii, Chinach, Korei, Rosji oraz Kanadzie. Kierował wieloma międzynarodowymi grantami z USA, UE, Kanady i Japonii. Wspólnie z Mitsubishi Heavy Industry uzyskał patent na silnik odrzutowy o spalaniu detonacyjnym. Badania nad tego rodzaju silnikami są obecnie prowadzone w wielu krajach świata, w tym m.in. w: Polsce (w Politechnice Warszawskiej i w Instytucie Lotnictwa), Japonii, USA, Francji, Rosji i Chinach. }

mówili o kosmosie w takim aspekcie użytecznym, nie tylko poznawczym. Akcent poznawczy jest od bardzo dawna rozwijany, ponieważ wszyscy oczekujemy nowych odkryć i spojrzenia na otaczającą nas przestrzeń zarówno w Układzie Słonecznym, jak i w dalekim kosmosie. Nie wszyscy wiedzą, że ponad 90% naszej wiedzy o Układzie Słonecznym i dalekim kosmosie, mamy dzięki obserwatorium znajdującym się poza atmosferą ziemską. Badania z powierzchni Ziemi są ważne, ale właściwie są uzupełnieniem tego co robimy za pomocą aparatury umieszczonej w kosmosie. To na te badania czekamy i one wzbudzają nasze

największe zainteresowanie. Weźmy też przykładowo mapy, które dzięki wykorzystaniu technik satelitarnych możemy zrobić bardzo szybko i z bardzo dużą dokładnością. Pamiętajmy, że kiedy korzystamy z GPS, telewizji satelitarnej, bankomatów, czy też gramy w totolotka, jest to realizowane przez łącza satelitarne i bez technologii kosmicznych nie byłoby możliwe. My też powinniśmy mieć swoje satelity do celów teledetekcyjnych, bo wszystko jest dobrze, kiedy jest pokój. Inne kraje, które posiadają odpowiednie technologie budują systemy pozycjonowania. Chociaż Amerykanie udostępniają swoje systemy za darmo to swoje

własne ma Rosja, budują np. Chiny, Indie, Japonia... Każdy kraj chce być pewny i na wypadek jakiś problemów mieć zapewnioną możliwość korzystania ze zdobyczy najnowszych technologii. Powinno się o tym mówić i przekonywać ludzi do tego, że tak samo jak inni jesteśmy zdolni do włączenia się w rozwój tych technologii z najwyższej półki światowej, do których niewątpliwie należą technologie kosmiczne.

*Rozmawiała Małgorzata Zielińska*

\* Więcej na temat Studenckiego Koła Astronautycznego na stronie 26

## PROGRAM DLA PROFESORÓW WIZYTUJĄCYCH 2009-2015

Pragniemy zachęcić Państwa do składania wniosków o zaproszenie profesorów wizytujących Politechnikę Warszawską. Wizyty wybitnych uczonych z ośrodków zagranicznych przynoszą wiele korzyści społeczności naszej Uczelni. Profesorowie, wygłaszając wykłady, prowadząc szkolenia czy laboratoria, służąc konsultacjami dzielą się z nami bezcennym skrawkiem swojej wiedzy oraz doświadczenia. Pomagają spojrzeć na różne rzeczy z innej perspektywy. Przypomnijmy zatem procedurę składania i rozpatrywania wniosku.

### Jak wygląda wniosek?

Wniosek o zaproszenie profesora wizytującego Politechnikę Warszawską składa się z:

- **listu przewodniego** zawierającego opis ukierunkowania naukowego kandydata i jego osiągnięć naukowych oraz zarys interdyscyplinarnej oferty dydaktycznej planowanej w czasie pobytu w PW (z wyraźnym wskazaniem na korzyści dydaktyczno-naukowe dla więcej niż jednego kierunku studiów),
- **CV** kandydata wraz z **dorobkiem naukowym**,
- **dokładny planu pobytu** w PW.

### Kto wnioskuje?

Wnioskodawcami o zaproszenie profesora wizytującego mogą być:

- **Rektor** Politechniki Warszawskiej,
- **Dziekan** przynajmniej dwóch wydziałów Politechniki Warszawskiej,
- **osoba zainteresowana**, przy czym wniosek ten może być rozpatrywany

po uzyskaniu pozytywnej opinii dwóch profesorów, kierowników zespołów badawczych, reprezentujących różne wydziały PW,

→ **Komisja Konkursowa CSZ.**

### Gdzie i kiedy składać wnioski?

Wnioski o zaproszenie wybitnych uczonych można składać **na bieżąco w biurze CSZ** (Gmach Główny PW, lok. 154) **do końca 2014 roku.**

Należy pamiętać, że wizyty gości muszą zostać **zrealizowane do końca marca 2015 roku.**

### Kto rozpatruje wnioski?

Wnioski są rozpatrywane przez Komisję Konkursową CSZ, w ciągu miesiąca od daty złożenia dokumentów.

### Co dalej?

W przypadku zaakceptowania wniosku przez Komisję Konkursową, Dyrektor CSZ kieruje do osoby zainteresowanej oficjalne zaproszenie do odbycia wizyty w Politechnice Warszawskiej.

### PROFESOROWIE WIZYTUJĄCY, WRZESIEŃ – GRUDZIEŃ 2013:

- **dr Celia Fonseca Guerra** z Department of Theoretical Chemistry, Vrije Universiteit, Holandia - wybitna specjalistka w dziedzinie chemii teoretycznej
- **prof. Matthias Bickelhaupt** z Department of Theoretical Chemistry, Vrije Universiteit, Holandia - światowej klasy

specjalista w dziedzinie chemii stosowanej i teoretycznej

- **prof. Tomasz Łętowski** z U.S. Army Research Laboratory, USA - wybitny specjalista w zakresie inżynierii dźwięku, pomiarów akustycznych, procesach słyszenia, audiologii i ochrony słuchu
- **prof. Adam Kowalczyk** z National Information and Communications Technology Research Centre, Australia - prowadzący badania z zakresu matematyki, fizyki, sztucznej inteligencji oraz bioinformatyki w zastosowaniach w medycynie oraz biologii
- **prof. Sabu Thomas** z Polymer Science and Engineering, School of Chemical Science, Mahatma Gandhi University, Indie - specjalista w dziedzinie chemii polimerów
- **prof. Mircea Sofonea** z Laboratoire de Mathematiques et Physique, Université de Perpignan Via Domitia, Francja - specjalista w zakresie mechaniki zagadnień kontaktowych

Informacje dotyczące wizyt naszych gości są dostępne na stronach:

- [www.csz.pw.edu.pl](http://www.csz.pw.edu.pl)
- [http://konwersatorium.pw.edu.pl/oferta/v\\_lectures.html](http://konwersatorium.pw.edu.pl/oferta/v_lectures.html).

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

# W królestwie Hypnosa

Rozmowa z profesorem Peterem Achermannem, gościem Politechniki Warszawskiej w ramach stypendium dla profesorów wizytujących Centrum Studiów Zaawansowanych

**Ewa Stefaniak:** Czym jest homeostaza snu?

**Peter Achermann:** Homeostaza to fundamentalna zasada regulacji snu. To naturalna równowaga między jakością i długością snu a liczbą godzin czuwania. Zatem im dłużej trwa deprywacja snu, tym potrzeba zaśnięcia staje się coraz bardziej odczuwalna. Mechanizm w pewien sposób śledzi historię faz snu i czuwania.

**ES:** Która zmienna jest ważniejsza – intensywność czy czas trwania snu?

**PA:** Skupiałem się na badaniu intensywności i myślę, że jest to ważniejsza zmienna. Jeśli pozbawi nas się snu, to w następnym epizodzie sennym nie śpimy może dłużej, ale za to bardziej intensywnie. Intensywność snu zmniejsza się w trakcie spania. Sen, nieważne czy nocny, czy dzienny, jest najbardziej intensywny na początku.

**ES:** Co jest dla nas cenniejsze – krótki, ale intensywny sen, czy też długi, ale płytszy?

**PA:** Prawdopodobnie ten pierwszy, ale należy pamiętać, że długość trwania snu jest warunkowana osobniczo. Jedni śpią długo, inni wręcz przeciwnie. Przypuszcza się, że u osób potrzebujących mniej snu, mózg efektywniej przełącza się na tryb „dzienny”. Nie wiemy jednak do końca, czy to właściwe rozumienie zagadnienia.

**ES:** Jak nauka tłumaczy fakt, że sen składa się z 90-minutowych serii zamiast jednego wielogodzinnego cyklu: lekki sen – głęboki sen – lekki sen?

**PA:** Kluczem do zrozumienia tego zjawiska jest następstwo faz REM (faza szybkich ruchów gałek ocznych) i NREM (faza wolnych ruchów gałek ocznych). Do końca nie wiemy, dlaczego te fazy się zmieniają. Jednym z wyjaśnień może być to, że po prostu nie jesteśmy w stanie utrzymać jednej fazy zbyt długo i muszą się one zmieniać z powodów fizjologicznych. W fazie REM temperatura ciała jest

wyższa, a przecież nie moglibyśmy utrzymywać takiego stanu przez długi czas i zapewne dlatego przełączamy się na tę drugą fazę. Inna, niedawno postawiona hipoteza autorstwa Vyazovskiego i Harrisa, tłumaczy, że przechodzimy w fazę REM, by sprawdzić, czy już wystarczająco długo spaliśmy. Uczni uważają, że faza NREM jest ważniejsza dla wypoczynku, ale periodycznie należy śledzić poziom „wyspania” i stąd pojawia się przejście w fazę REM. Oczywiście, jest to tylko jedna z hipotez. Kiedy odkryto fazę REM, pomyślano, patrząc na ruchy gałek ocznych, że wiąże się ona z aktywnością wizualną i nazwano ją fazą snów. Teraz już wiemy, że śnimy nie tylko w fazie REM, ale również w NREM.

**ES:** A skąd wiemy, że śnimy?

**PA:** Cóż, trudno jest to zmierzyć, ale można zawsze obudzić badanego i poprosić o zdanie relacji. Dawniej pytano, czy badany miał wizję senną, czy nie, ale nie każdy rozróżnia, co jest, a co nie jest snem. Zatem dzisiaj pytamy, czego dana osoba doświadczyła (co widziała) i potem oceniamy, czy był to sen, czy nie. Właściwie to jedyny sposób na zidentyfikowanie wizji sennej – musimy uzyskać odpowiedź od badanego.

**ES:** Czy możemy zobaczyć daną fazę snu za pomocą aparatury?

**PA:** Tak, możemy określić fazę elektrofizjologicznie. Obserwujemy również ruchy gałek ocznych. Ktoś wybudzony z fazy REM z większym prawdopodobieństwem opowie sen niż osoba, której przerwaliśmy sen głęboki (NREM).

**ES:** Faza REM nazywana jest również snem paradoksalnym. Co jest w niej takie paradoksalne?

**PA:** Tak określa się sen w literaturze francuskiej. Jouveta, który odkrył fazę REM mniej więcej w tym samym czasie co naukowcy amerykańscy, zaproponował tę nazwę i myślał, że

ona świetnie charakteryzuje ten rodzaj snu, bo jeśli przyjrzymy się wydrukowi EEG, zobaczymy, że jest on zbliżony do zapisu czynności bioelektrycznej mózgu w fazie czuwania.

**ES:** Czy możemy zresetować bądź nastawić nasz zegar dobowy?

**PA:** Nie, taki zegar nie potrzebuje nastawiania, ponieważ jest to samonapędzający się mechanizm światłozależny, który pracuje nieustannie. Na przykład podróżowanie przez strefy czasowe powoduje, że zegar dobowy się przestrasza.

**ES:** Automatycznie?

**PA:** Tak, zegar wyznacza nam czas na sen i czwanie. Wszystkie analizy potwierdzają, że dorosły homo sapiens śpi głównie w nocy, a na przykład szczury lub myszy śpią głównie w dzień, jedynie trochę w nocy. Zresztą te gatunki mają sen polifazowy, podobnie jak dzieci i osoby w podszłym wieku.

**ES:** Czy możemy jakoś wycucić nasz organizm, żeby spał mniej bez straty na naszym dobrym samopoczuciu?

**PA:** Niewiele można w tej kwestii zrobić. Kiedyś przeprowadzono pewien eksperyment z udziałem par. Sukcesywnie, co tydzień skracano długość snu i obserwowano ich reakcje. Jak można się było spodziewać, snu nie można skraćć bezkarnie, bo w pewnym momencie nie można już normalnie funkcjonować. To, ile snu potrzebujemy, jest do pewnego stopnia determinowane genetycznie. Ciekawym aspektem tego eksperymentu był fakt, że, jak później sprawdzono, pary spały trochę krócej. Tak w ogóle to należy w sobie wyrabiać pozytywne nawyki spania, zasypiać o regularnych porach i każdy powinien sam określić, jaka ilość snu jest dla niego najkorzystniejsza.

**ES:** Czy w genach jest zapis o byciu „sową” lub „skowronkiem”?

**PA:** Tak, jest to w dużej mierze zaprogramowane genetycznie, ale kobiety częściej są skowronkami.

**ES:** W takim razie czy kobiety śpią inaczej?

**PA:** Bez wątplenia hormony odgrywają dużą rolę w procesie spania. Na pierwszy rzut oka mężczyźni i kobiety śpią tak samo, mają te same fazy, ich cykliczność, ale badając zagadnienie z bliższej perspektywy, odkrywamy, że sen u kobiet wiąże się ściśle z cyklem menstruacyjnym. Na przykład w fazie lutealnej, temperatura ciała jest



# „Intensywność snu zmniejsza się w trakcie spania”

wyższa i obserwujemy również zmiany w zapisach EEG. Z tego powodu, do badań zapraszamy mężczyzn, bo jest nam prościej prowadzić obserwacje. Spośród wielu czynników, które na sen wpływają, możemy przynajmniej wykluczyć cykl menstruacyjny, a to już duże ułatwienie.

ES: Czy sen mężczyzn jest bardziej przewidywalny?

PA: Z hormonalnego punktu widzenia na pewno tak.

ES: Dlaczego niektórzy ludzie lunatują?

PA: Lunatowanie rozpoczyna się w fazie snu głębokiego. Mechanizmy nie są nam dokładnie znane. Ostatnie doniesienia na temat tego zjawiska przyniosły wyniki badań fal mózgowych pacjentów cierpiących na epilepsję. Po podłączeniu elektrod do mózgu (co robi się, żeby zlokalizować obszar odpowiedzialny za ataki padaczkowe) można monitorować również fazę snu. Okazuje się, że kora mózgowa, w której są zlokalizowane ośrodki ruchu, jest aktywna, podczas gdy sąsiadujące obszary „śpią”. Można zatem przypuszczać, że podobne mechanizmy odpowiadają za somnambulizm – pojawia się ruch, nawet umiejętności omijania przeszkód, ale świadomość wykonywania tych ruchów jest wyłączona. Częściej lunatują dzieci niż dorośli, i przypadłość ta zanika z wiekiem. Istnieje jeszcze coś, co nazywamy zaburzeniami zachowania podczas snu REM. U osób dotkniętych tą chorobą nie pojawia się atonia mięśni – objaw fizjologiczny charakterystyczny dla fazy snu wolnofalowego. Brak paraliżu mięśni szkieletowych powoduje, że chorzy odgrywają swoje sny, czasem nawet bardzo agresywnie i gwałtownie.

ES: Czy jesteśmy w stanie odróżnić te dwa schorzenia?

PA: Tak, bo obserwujemy zapis EEG oraz inne zmienne, i możemy określić, w której fazie badany się znajduje w momencie pojawienia się konkretnych zachowań. Jedyne problem to, kiedy badany zaczyna chodzić, wtedy podłączenie do aparatu EEG nie wchodzi w grę, ponieważ zapis fal

mózgowych jest zaburzany przez ruchy ciała.

ES: Jak, jeśli w ogóle, pole elektromagnetyczne wytwarzane przez telefony komórkowe wpływa na centralny układ nerwowy? Czy zaburza nasz sen?

PA: Nie wiem jak w Polsce, ale w Szwajcarii i innych krajach europejskich jakiś czas temu była to jedna z szerzej omawianych kwestii. Często zgłaszano, że anteny telefonii komórkowej przeszkadzały okolicznym mieszkańcom. Poświęciliśmy bardzo dużo czasu na badanie wpływu fal na nasze samopoczucie, sen i odczyty EEG i okazało się, że promieniowanie nie powoduje zaburzeń w procesie spania, ale istnieją pewne zmiany w zapisach EEG. Jeśli ktoś rozmawia przez telefon komórkowy przez około 30 minut i potem idzie spać, to zapis fal mózgowych jest zmieniony głównie w zakresie częstotliwości wrzecion snu. To jak z pić kawy czy alkoholu – spożywanie tych substancji też zmienia nasze EEG, ale wszystko jest kwestią ilości. Kieliszek wina nam nie zaszkodzi, ale już wypicie całej butelki może spowodować fragmentację snu. Trudno jednoznacznie stwierdzić, czy wpływ telefonów komórkowych na nasze zdrowie jest negatywny, a niełatwo jest obecnie zdobyć finansowanie na kontynuację badań, bo otrzymanie jednoznacznych rezultatów poprzedza żmudna praca nad tym zagadnieniem. Co więcej, postęp technologiczny jest zawsze szybszy od naukowca. Produkuje się coraz nowsze typy telefonów komórkowych o mniejszej intensywności promieniowania i o innych parametrach sygnału.

ES: Czy długie spanie zwiększa czy zmniejsza wydajność mózgu, inteligencję?

PA: Prowadząc badania na grupie dzieci, zauważyliśmy, że istnieje negatywna korelacja pomiędzy długością snu a inteligencją. Zaobserwowaliśmy, że im mniej czasu dziecko śpi, tym bardziej jest inteligentne, ale mowa tu o inteligencji płynnej.

ES: Czy brano pod uwagę wiek dzieci?

PA: Tak, pomiary współczynnika inteligencji są dostosowywane do wieku. Wydaje się, że im mniejsza potrzeba snu, tym poziom inteligencji jest wyższy.

ES: Śpiochy zaczną protestować. Proszę rozwinąć temat.

PA: To jedna z hipotez. Opiera się ona na stwierdzeniu, że inteligentni ludzie mają efektywniej działający mózg.



↑ Rys. 1. Badanie faz snu

Spekuluje się, że ta wydajność jest aktywna nie tylko w czasie czuwania, ale również podczas snu. To nie jest kwestia, jak ciężko mózg pracuje, ale jak efektywnie, czyli jak szybko, pozbywa się presji spania. Jest też i inne wytłumaczenie, mianowicie osoby, które śpią krócej (zarówno dzieci, jak i dorośli), mają więcej czasu na rozwijanie różnorodnych zainteresowań, a to też na pewno wlicza się w potencjał umysłowy.

ES: Ale chyba nie powinniśmy mierzyć inteligencji naszych dzieci liczbą przespanych godzin?

PA: Nie, nie, liczba przespanych godzin nie ma bezpośredniego przełożenia na inteligencję naszych dzieci. Einstein spał długo, a przecież inteligencji nie można mu odmówić. Ponadto trzeba sobie zdawać sprawę, że sen u dzieci i niemowląt jest sprawą szalenie indywidualną i na pewno nie można na siłę skracać ani wydłużać snu, by osiągnąć jakieś cele.

ES: Czy hibernacja to też forma snu?

PA: Hibernację przez długi czas uważano za sen, jak się jednak okazuje, hibernacja snem nie jest. Zahibernowane zwierzę zużywa duże nakłady energii, by ogrzać ciało, a gdy stan hibernacji już się kończy, organizm potrzebuje wypoczynku i taki zapewnia jedynie sen. Co więcej, im dłużej zwierzę pozostaje w stanie hibernacji, tym w głębszy i dłuższy sen później zapada. Jeśli chodzi o funkcję hibernacji, to jest to przede wszystkim ochrona zwierząt przed niesprzyjającymi warunkami panującymi w środowisku →

życia, a nie konserwacja neuronów, za którą odpowiedzialny jest sen. Na przykład chomik dzungarski nie ulega hibernacji, ale bazując na ilości światła dziennego oraz na temperaturze powietrza, gdy dzień staje się krótszy, a pogoda chłodniejsza, obniża temperaturę ciała i na kilka godzin zapada w tak zwany torpor. Im torpor jest dłuższy, tym późniejszy sen jest intensywniejszy.

## „Tak w ogóle myślę, że sen jest nadal nieodkrytą kartą, także mam jeszcze wiele do zrobienia”

**ES:** Przemysł farmaceutyczny czerpie gigantyczne zyski z produkcji leków nasennych. Czy sen wywołany lekami ma tę samą jakość, co ten, w który zapadamy naturalnie?

**PA:** Trzeba się najpierw zastanowić, jak definiujemy jakość snu. Jeśli za najwyższą wartość przyjmujemy ciągły sen bez wybudzeń, to na pewno wspomaganie chemią zapewni nam dobrą jakość spania. Z punktu widzenia neurofizjologicznego prawidłowy głęboki sen, który rejestrujemy za pomocą elektroencelografu, odznacza się dużą liczbą fal wolnych, a mniejszą liczbą wrzecion snu. Są to naturalne procesy zachodzące w naszym organizmie w wyniku deprywacji snu. Najczęściej zażywane leki nasenne – benzodiazepiny i ich pochodne dają efekt odwrotny, bo redukują liczbę fal wolnych, za to powodują wzmożoną aktywność wrzecion snu. Nie mniej jednak, ludzie przyjmujący leki nasenne mają wrażenie, że są bardziej wypoczęci, że spali lepiej.

**ES:** Noworodki przesypiają nawet 18 godzin, za to ludzie w podeszłym wieku około 6. Czy sen skracają się wraz z wiekiem?

**PA:** Nie powiedziałbym, że seniorzy śpią mało. Weźmy pod uwagę fakt, że ludzie starsi często drzemią w ciągu dnia, a drzemki też należy wliczyć w pulę przespanych godzin. Ponadto jak ktoś chodzi spać bardzo wcześnie, wcześnie nad ranem się budzi i być może ma się wtedy wrażenie, że śpi krócej. Nie mamy danych obserwacyjnych na temat nawyków spania osób starszych, a szkoda, bo wtedy więcej wiedzielibyśmy na temat prawdziwości tezy skracania snu z wiekiem. Niemowlęta i dzieci śpią długo, ale to jest związane z bardzo intensywnym

rozwojem ich mózgu. O śnie najmłodszych wiemy całkiem sporo, ale to już temat na inny wywiad.

**ES:** Jak można wytłumaczyć fakt, że im większe zwierzę tym krócej śpi, dla przykładu żyrafa śpi około 2 godzin, a nie-toperz prawie 20?

**PA:** Istnieje ujemna korelacja długości snu i gabarytów ciała, ale ta zależność sprawdza się u około 30% gatunków.

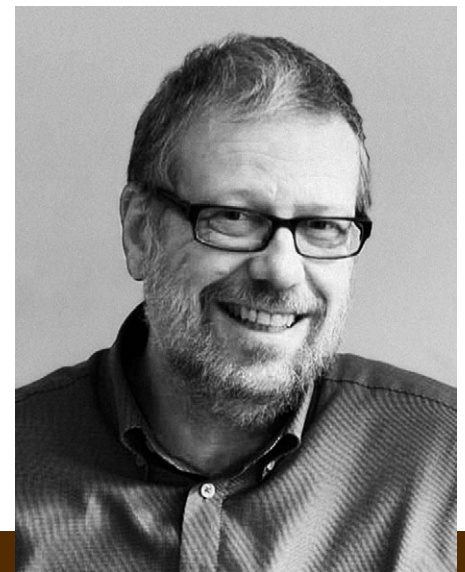
Przypuszcza się, że ma to związek z metabolizmem. Większe zwierzęta magazynują większe zasoby energii, zatem mogą sobie pozwolić na krótszy sen, natomiast małe zwierzęta potrzebują więcej snu, żeby się zregenerować. Ma to również związek z pracą mózgu, jak i z powierzchnią ciała, a co za tym idzie z procesami termoregulacji.

**ES:** Czy Hypnos – grecki bóg snu skrywa przed naukowcami jeszcze wiele tajemnic?

**PA:** Och, zdecydowanie. Obecnie współpracuję z kilkoma laboratoriami m.in. ze Stanów Zjednoczonych nad procesami regulacji snu u dzieci w wieku przedszkolnym i szkolnym. Wraz z zespołem naukowców prowadzę także eksperymenty z użyciem metody funkcjonalnego obrazowania za pomocą rezonansu magnetycznego, dzięki któremu możemy śledzić przepływ krwi w mózgu. Badani śpią w skanerze, a my cały czas ich

monitorujemy, posiłkując się zapisem czynności bioelektrycznej mózgu, by rozróżnić wszystkie etapy: zasypianie, wybudzenie oraz zmiany faz snu. Badamy również aktywność mózgu w stanie spoczynkowym, czyli kiedy badany nie wykonuje żadnych zadań. Wykorzystujemy także bardzo nowatorską metodę znakowania spinów krwi tętniczej (ASL), a obserwacje mózgowego przepływu krwi dokonujemy z symultanicznym zapisem fal mózgowych (EEG). Mamy nadzieję, że połączenie tych metod rzuci nieco więcej światła na mechanizmy regulacji snu. Kolejny projekt, w którym uczestniczę, dotyczy momentu samego zasypiania, mikrosnu czy też chwilowej utraty świadomości. Monitorujemy całodobowy zapis fal mózgowych, by wychwycić zmiany zachodzące w ciągu zaledwie milisekund. Tak w ogóle myślę, że sen jest nadal nieodkrytą kartą, także mam jeszcze wiele do zrobienia.

*Rozmawiała Ewa Stefaniak*



{ **Profesor Peter Achermann** – dyrektor Human Sleep Laboratory, Institute of Pharmacology and Toxicology, University of Zurich; szef grupy w Neuroscience Centre Zurich oraz członek Center for Integrative Human Physiology, University of Zurich. W swojej pracy naukowej profesor Achermann skupia się na zagadnieniach związanych ze snem. Podejmuje między innymi takie tematy jak: analiza sygnału EEG, modelowanie matematyczne procesów snu oraz rytmu dobowego, obrazowanie procesów snu (metodą pozytonowej emisyjnej tomografii komputerowej, tworzenie mapy mózgu), regulacja snu u niemowląt, dzieci w wieku przedszkolnym oraz nastolatków, wpływ pola elektromagnetycznego emitowanego przez telefony komórkowe na sen. Ponadto, współpracując z lekarzami, prowadzi projekty związane z: narkolepsją, analizą snu i sygnałów EEG u pacjentów po udarach, chorych na Parkinsona, przed i po zabiegach stereotaktycznych, u pacjentów w stanie wegetatywnym. Profesor Achermann jest autorem ponad 100 publikacji naukowych. Jest członkiem wielu stowarzyszeń naukowych, między innymi World Federation of Sleep Research and Sleep Medicine Societies, European Sleep Research Society, International Brain Research Organization. }

# Relatywistyczne zderzenia ciężkich jonów jako narzędzie w badaniu diagramu fazowego silnie oddziałującej materii

doktor inż. Katarzyna Grebieszko, Politechnika Warszawska – laureatka Medalu Młodego Uczzonego PW za wybitne osiągnięcia naukowe

Od setek, a nawet tysięcy lat zastanawiamy się, skąd pochodzimy, jaki był nasz początek, jakie są podstawowe składniki materii, z której się składamy, wreszcie jakie są mechanizmy oddziaływań między tymi składnikami. Zgodnie z Modelem Wielkiego Wybuchu Wszechświat pojawił się 10–15 mld lat temu w wyniku ekspansji zapoczątkowanej gigantyczną eksplozją. Model zakłada, że jednym z etapów ewolucji Wszechświata było powstanie czegoś na kształt „zupy” – plazmy kwarkowo-gluonowej (*Quark-Gluon Plasma* – QGP). Etap QGP trwał aż do około kilku mikrosekund po Wielkim Wybuchu. W kolejnych etapach w miarę stygnięcia i rozszerzania się Wszechświata podstawowe składniki materii, kwarki, łączyły się w tzw. hadrony (np. protony i neutrony), te dalej w atomy, cząsteczki, wreszcie galaktyki i gromady galaktyk znane nam obecnie.

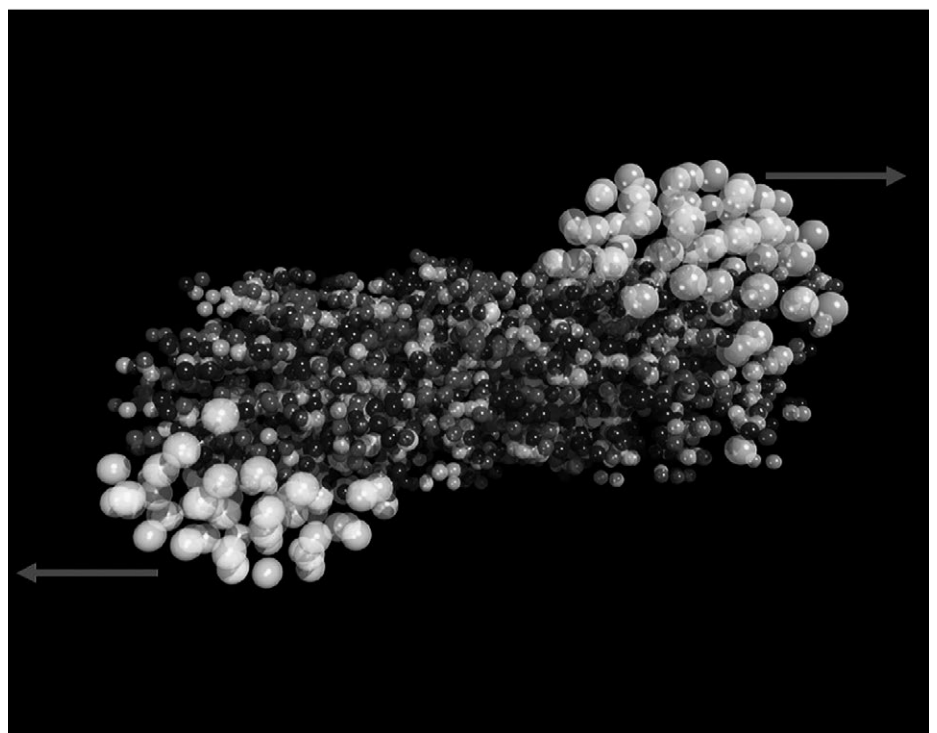
Zgodnie z aktualną wiedzą podstawowymi cegiełkami budującymi materię we Wszechświecie są kwarki o ułamkowych ładunkach elektrycznych (u, d, c, s, t, b), naładowane leptony (elektron, mion, taon), neutrino (elektronowe, mionowe, taonowe) oraz cząstki przenoszące oddziaływania, czyli foton (przenosi oddziaływania elektromagnetyczne), bozony  $W^+$ ,  $W^-$  i  $Z^0$  (przenoszą oddziaływania słabe), gluony (przenoszą oddziaływania silne) oraz postulowany grawiton (przenosiłby oddziaływania grawitacyjne). Do listy należałoby dodać również odkryty niedawno bozon Higgsa, bo masy cząstek elementarnych (bozonów  $W$  i  $Z$ , kwarków, leptonów) są generowane poprzez ich oddziaływanie z polem Higgsa. Wszystkie kwarki, leptony naładowane oraz neutrino mają swoje antycząstki o tej samej masie, ale przeciwnym ładunku elektrycznym. Najsilniejszym rodzajem oddziaływania

w przyrodzie jest oddziaływanie silne, które poprzez ciągłą wymianę gluonów łączy ze sobą kwarki w hadrony, czyli mezony (pary kwark i antykwark), bariony (trzy kwarki np. proton[uud] lub neutron[ddu]) oraz antybariony (trzy antykwarki). Efekty tzw. resztkowego oddziaływania silnego są widoczne również na poziomie całych jąder atomowych, które w większości przypadków nie ulegają rozpadowi, mimo że się składają z wielu protonów. Dzieje się tak, dlatego że elektromagnetyczne odpychanie między dodatnio naładowanymi protonami jest znacznie słabsze niż przyciągające oddziaływanie silne między kwarkami.

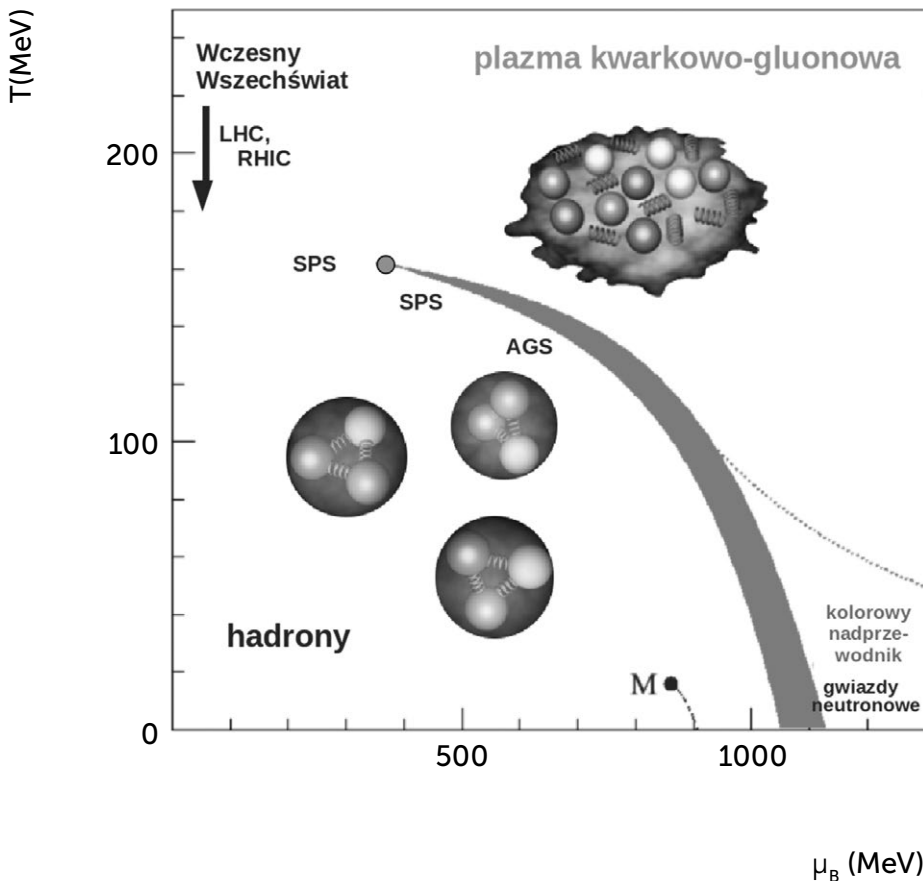
Oddziaływanie między kwarkami (antykwarkami) jest tak silne, że nie można z barionu lub mezonu „wyrwać” pojedynczego kwarka; to jak próba

odciążenia jednego bieguna od magnesu. Efekt ten jest nazywany „uwięzieniem”. Istnieją jednak warunki, przy których kwarki i gluony zachowują się jak niemal „uwolnione” i ich duże ilości mogą swobodnie poruszać się w obszarze, który znacznie przekracza obszar zajmowany przez pojedynczy proton czy neutron. Stan ten to wspomniana wyżej plazma kwarkowo-gluonowa, którą próbujemy uzyskać w zderzeniach ciężkich jonów – samych jąder atomowych bez elektronów – np. Pb, Au przy wysokich energiach. Jony są przyspieszane do prędkości bliskiej prędkości światła! Tworząc QGP w laboratoriach, próbujemy zatem odtworzyć warunki, jakie istniały zaraz po Wielkim Wybuchu, zrozumieć ewolucję wczesnego Wszechświata oraz naturę oddziaływań silnych między kwarkami. Makroskopową

{11}



↑ Rys. 1. Symulacja zderzenia jądro + jądro z produkcją QGP w modelu UrQMD



↑ Rys. 2. Schematyczny diagram fazowy silnie oddziaływającej materii

analogią naszych eksperymentów byłoby, np. rzucanie o siebie kostek lodu (przyspieszonych do ogromnych prędkości) tak, żeby uzyskać nowy stan skupienia, czyli wodę (roztopione kostki lodu). QGP jest, więc takim nowym stanem skupienia, ale materii jądrowej. Rysunek 1 pokazuje schemat powstawania QGP w zderzeniach jądrowych. Szare, duże kulki to nukleony (czyli protony i neutrony) w zderzanych jądrach atomowych, a małe kuleczki to kwarki. Z ogromnej energii zderzenia (zgodnie ze wzorem  $E=mc^2$ ) mogą tworzyć się nowe kwarki (nie tylko u i d ale i dużo cięższe s, c, a, a nawet t, których to kwarków nie było ani w zderzanych protonach, ani w neutronach). Już od pierwszych chwil po zderzeniu trwa ekspansja i układ dosłownie rozpryskuje się na wszystkie strony. Kolejny etap w czasie trwania ekspansji to łączenie się swobodnych kwarków w hadrony (tzw. hadronizacja) – już nie tylko w protony i neutrony, ale głównie w lekkie piony (mezony  $\pi$ ), kaony (mezony K) etc. Dalej trwa ekspansja i ochładzanie, aż na zakończenie ustania oddziaływania między wyprodukowanymi hadronami. Moment ten nazywamy wymrożeniem. Ściślej, wyróżnia się dwa wymrożenia: chemiczne, kiedy ustają oddziaływania nieelastyczne między wyprodukowanymi cząstkami, i późniejsze – termiczne, kiedy ustają

oddziaływania elastyczne (koniec wymiany pędów) między produktami reakcji. W detektorach obserwujemy cząstki już po etapie wymrożenia termicznego. To, czy w trakcie zderzenia ciężkich jonów materia jądrowa przeszła w stan QGP, wnioskujemy pośrednio poprzez badanie cząstek w stanie końcowym (piony, kaony, protony, etc.). Ich ilości, względne stosunki produkcji, charakterystyki kinematyczne (np. rozkłady pędowe, kątowe, energie) niosą informacje o stanie początkowym – czy w bardzo wczesnej fazie powstała QGP, czy nie. Jest to więc proces poszlakowy! Bezpośrednio QGP nie obserwujemy bo nie można „złapać” pojedynczych kwarków. Również bardzo krótkie czasy życia QGP rzędu kilka fm/c, czyli rzędu  $10^{-23}$ , s i bardzo małe rozmiary plazmy rzędu  $10^{-15}$ – $10^{-14}$  m wymykałyby się jakimkolwiek dostępnym dzisiaj przyrządom pomiarowym.

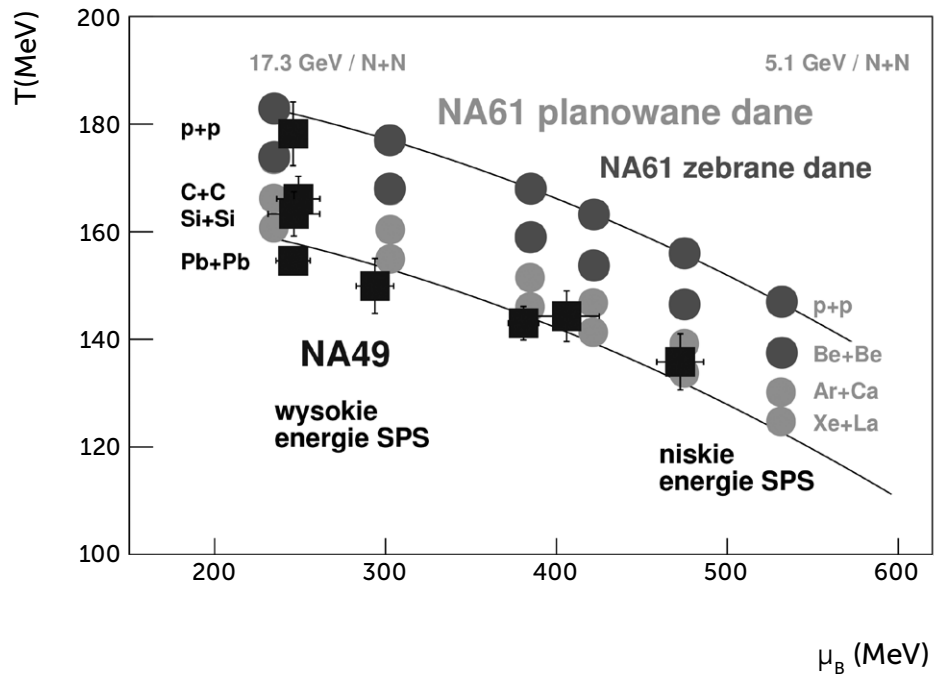
Zderzenia ciężkich jonów przy wysokich energiach są obecnie badane w kilku ośrodkach na świecie. Przykładem jest akcelerator *Super Proton Synchrotron* (6,2 km obwodu) w Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych (CERN) pod Genewą (na granicy szwajcarsko-francuskiej), *Relativistic Heavy Ion Collider* w BNL w Brookhaven czy *Large Hadron Collider* (27 km obwodu) w CERN. Przy każdym z tych

akceleratorów istnieje po kilka detektorów, czyli tzw. eksperymentów. Przy SPS są to np. eksperyment NA49 [1] oraz jego następcza NA61/SHINE [2]. Eksperymenty te były szczegółowiej omawiane w biuletynie nr 6 (maj 2012). NA49 i NA61/SHINE to tzw. eksperymenty na stacjonarnej tarczy, czyli wiązka np. ołowiu jest rozprzeczana do prędkości maksymalnie 0,99998 prędkości światła (to przy najwyższych energiach SPS, bo najniższe energie SPS odpowiadają prędkości wiązki około 0,997c) i zderzana ze spoczywającą tarczą. W zderzeniu Pb+Pb przy najwyższej energii SPS produkuje się do 1500 naładowanych cząstek. Temperatury QGP osiągane w zderzeniach przy współcześnie działających akceleratorach (od najwyższych energii SPS do energii LHC) to około 230–600 MeV, czyli przynajmniej 5 rzędów więcej niż temperatura wnętrza Słońca ( $T=170 \text{ MeV} \approx 2 \times 10^{12} \text{ K} \approx 130\,000 \times T$  [jądro Słońca]). Osiągane gęstości energii  $\epsilon$  to rzędu  $3 \text{ GeV/fm}^3$  (SPS) –  $20 \times$  gęstość normalnej materii jądrowej,  $\epsilon > 5 \text{ GeV/fm}^3$  (RHIC) oraz  $\epsilon > 15 \text{ GeV/fm}^3$  (LHC). Dla porównania wartości dla materii jądrowej w „stanie spoczynku” to  $T \approx 0 \text{ MeV}$ ,  $\epsilon \approx 0,16 \text{ GeV/fm}^3$ .

Eksperyment NA49 zasłynął znalezieniem granicy energetycznej (minimalna energia zderzenia), przy której następuje przejście do QGP, w badaniu zderzenia ciężkich jonów ołowiu. Analizowano m.in. zależność od energii produkcji cząstek zawierających kwark s („dziwny”). Energia graniczna odpowiada pośrednim energiom dostępnym w akceleratorze SPS, czyli około 7,6 GeV na parę zderzanych nukleonów w układzie środka masy ( $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$ ,  $1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$ ) – zob. pracę przeglądową [3]. W skali makroskopowej odkrycie to można porównać do znalezienia temperatury wrzenia wody. Z kolei RHIC i LHC badają głównie obszar „czystej” QGP, czyli makroskopową analogię pary wodnej (tworzona tam QGP ma początkowo bardzo wysokie temperatury). Wreszcie, poniżej energii 7,6 GeV przejście w stan QGP w ogóle nie jest możliwe i system (zarówno stan tuż po zderzeniu, jak i w czasie wymrożenia) pozostaje wyłącznie w obszarze hadronów (zob. też Rys. 2). Celem naszych badań w eksperymentach NA61/SHINE będzie m.in. sprawdzenie, czy dla mniejszych systemów (Be+Be, Ar+Ca, Xe+La), przy podobnych energiach zderzenia, również istnieje możliwość przejścia do QGP.

Dla każdej substancji można wykreślić jej diagram fazowy. W przypadku wody jest on zwykle przedstawiany jako zależność ciśnienia od temperatury. Diagram fazowy silnie oddziałującej materii jest najczęściej przedstawiany przy użyciu temperatury  $T$  oraz barionowego potencjału chemicznego  $\mu_B$ , czyli zmiennej termodynamicznej mówiącej o tym, jak zmieni się energia systemu, jeśli dodamy lub odejmiemy jeden barion. Normalna materia jądrowa ma  $T \approx 0$  MeV oraz  $\mu_B \approx 940$  MeV. Diagram fazowy materii silnie oddziałującej, w przeciwieństwie do diagramu fazowego wody, jest dość słabo poznany i jego własności dopiero muszą zostać odkryte. Większość teoretyków uważa, że dla dużych wartości  $\mu_B$  przejście fazowe między QGP a gazem złożonym z hadronów jest pierwszego rodzaju (gruba szara linia na Rys. 2), które to przejście kończy się w punkcie krytycznym (CP). W samym CP przejście jest drugiego rodzaju. Przy przejściach fazowych pierwszego rodzaju obserwujemy skokową (nieciągłość) zmianę niektórych parametrów układu, np. entropii, gęstości energii. Za punktem krytycznym (w stronę małych wartości  $\mu_B$ ) mamy do czynienia z gwałtownym, ale ciągłym przejściem (QGP  $\leftrightarrow$  hadrony) zwanym *cross-over*. Nietety zarówno położenie linii przejścia pierwszego rodzaju, jak i położenie CP nie są dokładnie znane (na rysunku pokazano jedynie przykładowe teoretyczne oszacowanie; w praktyce istnieje całe spektrum przewidywań dotyczących zarówno samego istnienia, jak i położenia hipotetycznego punktu krytycznego).

Na szczęście punktu krytycznego można poszukiwać również eksperymentalnie i jest to jedno z głównych zadań eksperymentu NA61/SHINE. Jego poprzednik, eksperyment NA49, pokazał, że po diagramie fazowym można poruszać się bądź zmieniając



↑ Rys. 3. Oszacowane (NA49) oraz oczekiwane (NA61, koła) punkty wymrozenia chemicznego

energii zderzenia jądro+jądro, bądź rozmiar zderzanych jąder. Rysunek 3 pokazuje punkty wymrożeń chemicznych uzyskane w eksperymencie NA49 i oczekiwane w NA61. Temperatur tych nie należy mylić z temperaturami układu tuż po zderzeniu (w szczególności może być to QGP), które są wyższe (ciągła ekspansja i ochładzanie się systemu). Wzrost energii zderzenia powoduje przesuwanie się w kierunku mniejszych wartości  $\mu_B$ , a wzrost liczby masowej prowadzi do niższych temperatur wymrozenia chemicznego. Teoretycy przewidują, że jeśli system wymraża w okolicy punktu krytycznego, to możemy się spodziewać zwiększonych fluktuacji gęstości w systemie, które to fluktuacje będą się przekładać na fluktuacje różnych charakterystyk produkowanych w zderzeniach cząstek, np. średniego pędu poprzecznego (składowa pędu prostopadła do wiązki), kąta azymutalnego (kąt emisji w kierunku prostopadłym do wiązki), energii czy krotności różnego typu cząstek (liczba

cząstek na oddziaływanie). Takie zwiększone fluktuacje w średnich pędach poprzecznych oraz w krotnościach cząstek zaobserwowano w eksperymencie NA49 w oddziaływaniach Si+Si oraz C+C przy najwyższej energii akceleratora SPS (17,3 GeV na parę zderzanych nukleonów w układzie środka masy) [4]. Ten ciekawy wynik, wymagający oczywiście dodatkowych weryfikacji, stanowił silną motywację dla programu jonowego eksperymentu NA61, który, zgodnie z Rys. 3, pokryje dość szeroki obszar diagramu fazowego materii jądrowej poprzez zderzenia p+p, Be+Be, Ar+Ca, Xe+La w dużym zakresie energii. Jest to pierwszy w historii dwuwymiarowy (energia i rozmiar systemu) skan diagramu fazowego. Maksimum od fluktuacji różnych obserwabli, widziane dla tej samej energii i dla tego samego systemu, być może pozwoli na odkrycie punktu krytycznego materii jądrowej i z pewnością będzie krokiem milowym w badaniu diagramu fazowego silnie oddziałującej materii.

{ Doktor hab. Katarzyna Grebieszkow, adiunkt na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej, Zakład Fizyki Jądrowej, Pracownia Reakcji Ciężkich Jonów. W 2001 i 2002 roku została wyróżniona za prowadzenie zajęć dydaktycznych. Uczestniczka eksperymentów NA49 i NA61/SHINE w CERN, koordynatorka analiz w programie jonowym NA61/SHINE. W 2012 roku odznaczona Medalem Młodego Uczzonego za wybitne osiągnięcia w badaniu relatywistycznych zderzeń jądrowych, w szczególności za opracowanie i praktyczne wprowadzenie do fizyki reakcji ciężkich jonów nowej metody badawczej, polegającej na analizie niestatystycznych fluktuacji w charakterystykach emitowanych cząstek. }

## BIBLIOGRAFIA

1. <http://na49info.web.cern.ch/na49info>
2. <https://na61.web.cern.ch/na61/xc/index.html>
3. M. Gaździcki, M. Gorenstein, P. Seyboth, Acta Phys. Polon. B 42, 307 (2011)
4. K. Grebieszkow (dla Kolab. NA49), Nucl. Phys. A 830, 547c (2009) oraz referencje tam podane; K. Grebieszkow (dla Kolab. NA49 i NA61/SHINE), PoS, EPS-HEP, 030 (2009).

# Program Wakacyjnych Projektów Badawczych (PWPB)

Magister inż. Jan Gierattowski, mgr inż. Paweł Grabowski oraz mgr inż. Piotr Podziemski – doktoranci z Wydziału Fizyki PW – o swoim pomysle i jego realizacji

Coraz niższe zdolności aplikujących na studia czy brak ambicji? Jedno i drugie – pozornie. Nasze osobiste doświadczenia pokazują młodych ludzi od zupełnie innej strony. Co więcej, sami także jesteśmy młodymi naukowcami – również więc reprezentujemy to stereotypowo opisywane „nowe pokolenie”.

Jako trójka bliskich znajomych, doktorantów na Wydziale Fizyki, obserwując świat wokół nas, często wymieniamy między sobą poglądy i spostrzeżenia. W tym roku naszą uwagę szczególnie skupiła grupa zdolnych studentów, którzy chcieli zająć się nauką, znacznie wykraczając poza zakres studiów. Na realizację tego celu byli gotowi przeznaczyć swoją przerwę wakacyjną. Wiedząc i pamiętając, jak ważne w życiu studenta są wakacje, chcieliśmy zaofiarować im rozwiązanie – ciekawy program będący czymś innym niż staż, koło naukowe czy zwykła praktyka. Postanowiliśmy spróbować na poważnie zaangażować ich w tematykę naukową bliską temu, czym na co dzień się zajmujemy w trakcie studiów doktoranckich.

Za cel postawiliśmy sobie realność – nie tworzyć nic sztucznego, uproszczonego, zmienionego. Po co? Aby praca naukowa poznawana podczas takiego programu była tą, którą naukowcy wykonują na co dzień. Aby zapewnić styczność z realną aparaturą i prawdziwymi problemami naukowymi. Od pomysłów, marzeń i celów przystąpiliśmy do realizacji.

Tak powstał Program Wakacyjnych Projektów Badawczych (PWPB). Po konsultacjach z kadrą profesorską wydziałów PW, pod patronatem Centrum Studiów Zaawansowanych proponowaliśmy kilka tematów badawczych. Różne dziedziny nauki, różne podejścia połączyliśmy wspólnym celem, który można by określić jako realizację wysoko wyspecjalizowanych

zadań badawczych i projektów naukowych przez uczestników programu. I ruszyło!

Wszystkie prace podejmowane w PWPB zostały podzielone na odrębne projekty. Projekty te, choć dotyczą różnych dziedzin nauki, łączą w sobie podstawowe cechy: innowacyjność, nowoczesność i możliwość komercjalizacji. Zgłoszenia przerosły nasze oczekiwania – ponad 30 osób, chętnych, by część swoich wakacji poświęcić pracy naukowej. Pozwoliło to nam uruchomić aż cztery projekty.

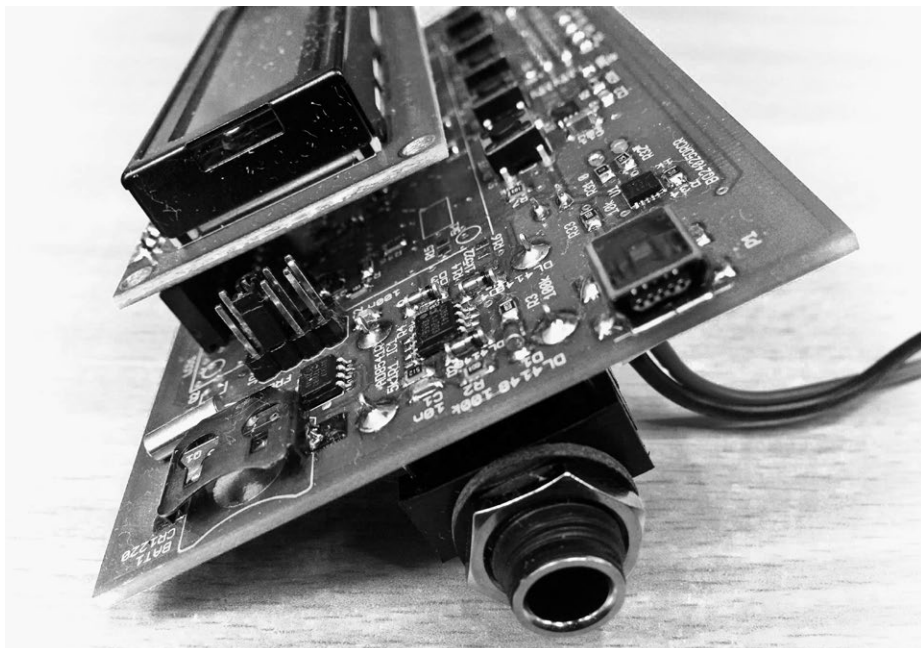
Pierwszy z nich to **Badanie wpływu poziomu glukozy na przebieg zmienności rytmu serca**. Skąd takie połączenie – serce i cukier? Zawartość glukozy, jako podstawowego źródła energii w organizmie człowieka, może być potencjalnie jednym z istotnych czynników wpływających na przebieg pracy serca. Celem projektu była korelacja analizy rytmu serca z wynikami

ciągłego pomiaru stężenia glukozy (glikemii) w surowicy krwi żyłnej. Korzystając z nowoczesnego urządzenia do ciągłego monitorowania glikemii oraz urządzeń Holter-EKG, przeprowadziliśmy unikatowe jednoczesne pomiary rytmu serca i stężenia glukozy we krwi. Ponieważ tematyka ta jest nowa – systemy ciągłego monitorowania glikemii dopiero niedawno uzyskały wystarczającą dokładność do rzetelnych pomiarów – oprócz tego zadaniem w ramach projektu było opracowanie dedykowanych metod łącznej analizy obu sygnałów. Nie przestraszyliśmy się – i już w połowie wakacji zrealizowaliśmy większość celów.

Drugi projekt otrzymał nazwę **Analiza funkcjonowania prototypu aparatury rejestrującej długoczasowe zapisy Holter-EKG**. Bynajmniej nie jest to powszechnie stosowany rejestrator Holter-EKG. Jest to nowatorskie



↑ Rys. 1. Przygotowanie materiału do badań metodą rentgenografii strukturalnej



↑ Rys. 2. Rejestrator długoczasowych zapisów EKG

urządzenie zdolne do współpracy ze stosowanymi w szpitalach przyłóżkowymi monitorami pacjenta. Jest ono przystosowane do wielodniowych zapisów do tej pory bezpowrotnie traconych danych medycznych. Rejestrator zaprojektowano i wykonano kilka miesięcy wcześniej na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej, a teraz przyszedł czas na wdrożenie. Dzięki współpracy Pracowni Fizyki Układu Krążenia Człowieka na Wydziale Fizyki z Kliniką Kardiologii Zachowawczej Centralnego Szpitala Klinicznego MSW i Działem Inżynierii Biomedycznej CSK MSW, przygotowaliśmy urządzenie do zapisu sygnału elektrod podłączonych do monitorów pacjentów znajdujących się pod obserwacją w szpitalu. PWPB okazało się idealnym środkiem do wdrożenia tego projektu i analizy funkcjonowania prototypu aparatury w praktyce medycznej. Wyniki analizy posłużą do modyfikacji oprogramowania i przejścia z fazy prototypu do gotowego urządzenia. Przy użyciu ww. rejestratora planujemy przeprowadzić zaprojektowane już i pozytywnie zaopiniowane przez środowisko medyczne badanie kliniczne.

Projekt trzeci – **Mechanosynteżowane kompozyty superjonowe** – dotyczy badań mechanosynteżowanych kompozytów wykazujących przewodnictwo superjonowe. Przewodniki superjonowe to grupa materiałów cechująca się bardzo wysokimi wartościami przewodności jonowej. W projekcie badaliśmy kompozyty formowane w rodzajach  $\text{AgI}-(\text{Ag}_2\text{O}/\text{Cu}_2\text{O})-\text{M}_x\text{O}_y$  (gdzie  $\text{M}_x\text{O}_y$  – tlenek metalu). Do otrzymania materiałów zastosowaliśmy metodę

mechanosyntezy przy użyciu wysokoenergetycznych młynów planetarnych (wspaniała nazwa). Do charakteryzacji używaliśmy następujących metod: strukturalnych (XRD, HTXRD), termicznych (DSC, TMA) oraz elektrycznych (IS). Badania mikrotwardości (HT) były prowadzone we współpracy z Wydziałem Inżynierii Materiałowej.

Ostatni projekt to **Formowanie wanadanowych fosfo-oliwinów**. Na Wydziale Fizyki PW wykazano, że odpowiednio przeprowadzona nanokryształizacja szkielek  $\text{LiFe}_x\text{V}_y\text{PO}_4$  powoduje wzrost przewodności elektrycznej materiału o ok. 10 rzędów wielkości w stosunku do przewodności krystalicznego  $\text{LiFePO}_4$ . Wynik bardzo ciekawy

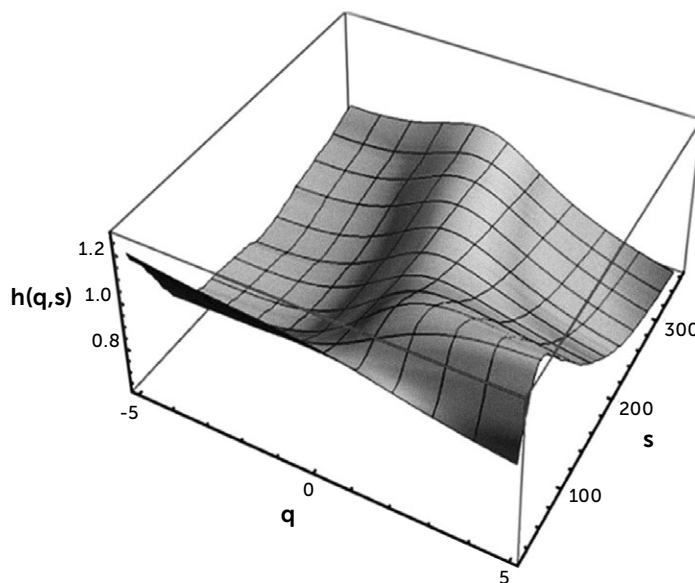
– chcieliśmy więc jak najszybciej poznać szczegóły tego mechanizmu nanokryształizacji, w tym zidentyfikować wszystkie produkty tego procesu. Program Wakacyjnych Projektów Badawczych nadawał się do tego idealnie. Wspólnymi siłami Wydziału Fizyki i Wydziału Chemii Politechniki Warszawskiej zajęliśmy się charakterystyką wanadanowych fosfo-oliwinów przy użyciu metod: strukturalnych (XRD), termicznych (DTA) i elektrycznych (HTIS).

Założeniem programu PWPB od początku był rozwój naukowy najlepszych studentów Politechniki Warszawskiej. Dla wielu z nich PWPB stanowiło pierwsze poważne doświadczenie w karierze naukowej. Warto również podkreślić aspekt po prostu społeczny: zaangażowanie w realizację wspólnych, wyspecjalizowanych zadań badawczych tak wcześnie może umacniać i zacieśniać więzi pomiędzy pracownikami, doktorantami PW i studentami – czyli całym przyszłym i obecnym pokoleniem naukowców. Ponadto jesteśmy przekonani, że połączenie pracy badawczej i okresu wakacji staje się, również i dla nas, latem marzeń.

15

Zapraszamy na stronę poświęconą Programowi:

<http://pwpb.fizyka.pw.edu.pl>



↑ Rys. 3. Powierzchnia Hursta będąca wynikiem wieloskalowej analizy multifrakalnej (MMA) wykonanej dla sygnału EKG

# Stypendia Centrum oczami młodych naukowców PW

Pięć edycji konkursów na stypendia naukowe, przyznanie 249 stypendiów najzdolniejszym młodym naukowcom – to liczbowe podsumowanie programów stypendialnych CSZ, skierowanych do doktorantów i młodych doktorów Politechniki Warszawskiej. W ciągu pięciu lat realizacji programów, Centrum wypełniało swoją misję wspierania i promowania najbardziej uzdolnionych i aktywnych młodych uczonych naszej Uczelni. Przyznane stypendia umożliwiły młodym badaczom zagłębienie się w prowadzone projekty naukowe, zmotywowały do poszukiwania rozwiązań napotkanych problemów oraz zainspirowały do podejmowania nowych wyzwań badawczych.

Co sami Stypendyści CSZ myślą o otrzymanym wsparciu? Czy powyższe wnioski znajdują pokrycie w opiniach naszych młodych naukowców? Przekonajmy się sami...

→ **Magister inż. Marcin Koniak**, doktorant Wydziału Elektrycznego PW, stypendysta CSZ w ramach konkursów CAS/3/POKL oraz CAS/22/POKL:

Stypendium stacjonarne Centrum pozwoliło mi skupić się na pracy badawczej, której efekty podsumowuję w rozprawie doktorskiej. Otrzymanie stypendium potraktowałem jako uznanie zarówno dla mojej dotychczasowej działalności naukowej, jak i dla tematyki, którą się zajmuję. Stało się to dodatkową motywacją, ponieważ

przyjemnie się pracuje, wiedząc, że robi się coś potrzebnego.

→ **Magister inż. Ewa Kijeńska**, doktorantka Wydziału Inżynierii Materiałowej PW, stypendystka CSZ w ramach konkursów CAS/10/POKL oraz CAS/22/POKL:

Otrzymanie stypendium stacjonarne Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej dało mi możliwość poszerzania zainteresowań związanych z tematyką realizowanych w ramach mojej pracy doktorskiej badań, tj. szeroko pojętą inżynierią tkankową. Stypendium dało mi dodatkową motywację do dalszego rozwoju wynikającą z poczucia docenienia mojej działalności naukowej w oglądzie zewnętrznym. W pewnym stopniu uwolniło mnie także od trosk materialnych, co pozwoliło mi skupić się na dalszej realizacji moich wizji badawczych.

→ **Magister inż. Tomasz Filipek**, doktorant Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych PW, stypendysta w ramach konkursu CAS/22/POKL:

Dzięki przyznanemu stypendium miałem możliwość przeprowadzenia badań nad modelowaniem, projektem oraz budową torów nadawczo-odbiorczych systemów radiolokacyjnych. Przedmiotem moich prac badawczych było studium wybranych realizacji modeli układowych danych torów oraz opracowanie metod pomiarowych umożliwiających identyfikację parametrów transmisyjnych dla pobudzeń

złożonych. Ponadto stypendium umożliwiło mi prezentację wyników prac za granicą, udział w warsztatach specjalistycznych krajowych oraz zagranicznych.

Stypendium Centrum Studiów Zaawansowanych jest dla mnie znaczącym wyróżnieniem, stanowi dowód uznania dla dotychczasowych osiągnięć oraz prowadzonych przeze mnie prac badawczych.

→ **Doktor inż. Agnieszka Adamczyk-Woźniak**, adiunkt na Wydziale Chemicznym PW, stypendystka CSZ w ramach konkursu CAS/9/POKL:

Dzięki wsparciu stypendialnemu Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej mogłam w pełni poświęcić się bardzo interesującym i owocnym badaniom naukowym. Badania te pozwoliły na otrzymanie i zbadanie właściwości unikalnej grupy związków, jakimi są benzoxaborole. Wymiernym rezultatem tych prac są między innymi cztery publikacje, w tym trzy artykuły opublikowane w czasopiśmie z listy filadelfijskiej. Badania naukowe prowadzone w czasie objętym wsparciem dały tak interesujące rezultaty, że były kontynuowane także po okresie objętym stypendium i wkrótce staną się przedmiotem mojego wniosku habilitacyjnego.

→ **Doktor inż. Zuzanna Żółek-Trzynowska**, adiunkt na Wydziale Inżynierii Produkcji PW, stypendystka CSZ w ramach konkursów CAS/8/POKL oraz CAS/17/POKL:

Otrzymałam stypendium naukowe CSZ PW dla doktorantów jako doktorantka Wydziału Chemicznego przez 12 miesięcy oraz dla młodych doktorów jako pracownik naukowo-dydaktyczny Wydziału Inżynierii Produkcji przez 24 miesiące. Stypendium pozwoliło mi na realizowanie pracy badawczej nad właściwościami oraz potencjalnym zastosowaniem polimerów hiperrozgałęzionych jako dodatków do farb drukowych. Otrzymanie stypendium było dla mnie dużym wyróżnieniem oraz uznaniem dla mojej wcześniejszej pracy i dorobku naukowego. Uważam, że przyznawanie stypendium naukowego CSZ PW powinno być kontynuowane.

„Idea CSZ promowania młodych naukowców poprzez przyznawanie stypendiów jest genialna. Dzięki takiemu wsparciu młodzi ludzie mogą zająć się swoją pasją – nauką”

dr inż. Adam Styk

*Stypendia są współfinansowane przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.*



Stypendyści o sobie i swojej pracy naukowo-badawczej

## BADANIE PROCESU NIEUSTALONEJ FILTRACJI AEROZOLI W NOWOCZESNYCH MATERIAŁACH WŁÓKNINOWYCH

doktor inż. Anna Jackiewicz

W związku z działalnością natury i człowieka powietrze, którym oddychamy, nie jest czystą mieszaniną gazów. Jest w nim zawieszona mnóstwo małych cząstek fazy stałej i/lub kropel, które z racji swoich rozmiarów nie opadają grawitacyjnie, tylko są w gazie zawieszane w sposób trwały. Taki układ nazywamy aerozolem. Aerozole to nie tylko, jak się zwykle kojarzy, substancje zamknięte pod ciśnieniem w różnego rodzaju pojemnikach jako dezodoranty, lakiery do włosów itp., ale także chmury, dymy, mgły, smogi. Cząstki aerozolowe powstające naturalnie w środowisku to np. pył pustynny, cząstki emitowane podczas erupcji wulkanów, pyłki, wirusy, bakterie. Do ich największych źródeł antropogenicznych można zaliczyć transport (gazy emitowane z samochodów, samolotów), elektrownie, spalanie przemysłowe, mechaniczne i chemiczne procesy. Temat oczyszczania powietrza jest niezwykle istotny z punktu widzenia ochrony zdrowia człowieka, ochrony środowiska, wymagań wysokich technologii. Dodatkowo w ostatnich latach bardzo wzrosło zagrożenie chemicznymi i biologicznymi atakami terrorystycznymi, dlatego też ważne są kwestie filtracji powietrza w budynkach, kwestie właściwego zaprojektowania i użytkowania urządzeń służących do tego celu, które są montowane w systemach grzewczych, wentylacyjnych, klimatyzacyjnych. Cząstki aerozolowe powodują alergie, wzmagają objawy astmy, a najmniejsze z nich np. cząstki sadzy emitowane z silników diesla, potrafią penetrować przez układ oddechowy człowieka, aż do samych płuc, powodując zanikanie ich funkcji, zwłóknienie, czy nawet nowotwór. Zatem ich wpływ na zdrowie zależy przede wszystkim od ich wielkości, dlatego tak ważna jest skuteczna separacja zwłaszcza nanocząstek z gazu.

Dobrym narzędziem, które może posłużyć do tego celu jest filtr włókninowy. Stanowi go płatanina nierównomiernie rozmieszczonych włókien, co można zaobserwować na zamieszczonym zdjęciu. Podstawowe parametry determinujące jakość filtra włókninowego silnie zależą od jego struktury – od średnicy włókien tworzących filtr oraz od tego, jak są one rozmieszczone w przestrzeni filtra, czyli jaka jest jego porowatość

(udział wolnych przestrzeni w całej objętości filtra). Taki filtr nie działa jak klasyczne sitko, tzn. nie zatrzymuje tylko cząstek większych od rozmiaru swoich porów. Na cząstki w strumieniu gazu działają różne mechanizmy, tj. dyfuzja, bezpośrednie zaczepienie, bezwładność, grawitacja, mechanizm elektrostatyczny, i dzięki temu, również cząstki dużo mniejsze niż przestrzenie pomiędzy włóknami mogą ulec depozycji wewnątrz złoża filtracyjnego.

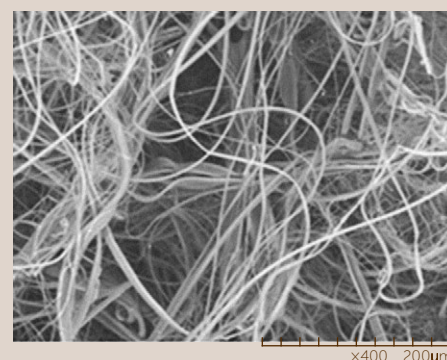
Proces filtracji aerozoli w filtrach włókninowych jest obiektem intensywnych badań, jednakże większość z nich dotyczy jego fazy początkowej. Łatwo jest ocenić jakość filtra na podstawie jego zachowania na początku pracy – kiedy jest czysty – i tak się zwykle robi, ale to nie wystarcza, by stwierdzić, jak zachowa się taki materiał w rzeczywistych warunkach pracy, przy długim działaniu. Filtracja w filtrach włókninowych jest procesem nieustalonym w czasie, procesem bardzo trudnym do opisu z racji wielu aspektów, m.in. niejednorodnej struktury filtrów, czy skomplikowanego ruchu cząstek w filtrze. Już po depozycji pierwszych cząstek zmienia się średnica włókien, a w miarę zabudowywania filtra depozytami zmienia się również jego porowatość.

Dlatego też za cel w swoich badaniach postawiłam sobie wyjaśnienie zjawisk zachodzących podczas filtracji nieustalonych cząstek aerozolowych, głównie tych najtrudniejszych do detekcji i najbardziej niebezpiecznych dla zdrowia człowieka, czyli nanocząstek, we wgłębnych polimerowych filtrach włókninowych. Rezultatem prowadzonych przeze mnie prac doświadczalnych i modelowych będzie opracowanie nowego opisu ilościowego procesu filtracji. Wymaga to wnikliwej analizy zjawisk, które zachodzą podczas obładowywania filtra cząstkami. Należy dokładnie zbadać, jak zmieniają się z czasem średnica włókien, porowatość filtra, jak zachowują się depozyty wewnątrz filtra w zależności od jego struktury, morfologii separowanych cząstek, warunków procesowych.

Do tego celu angażuję nowoczesne techniki takie jak tomografia

komputerowa czy wysokiej rozdzielczości skaningowa mikroskopia elektro-nowa, które dają możliwość obserwacji tego, co jest gołym okiem niedostępne w strukturze filtracyjnej, a co jest kluczowe w moich rozważaniach, tzn. co się dzieje podczas filtracji wewnątrz materiału filtracyjnego, jak i gdzie deponują się cząstki, czy raz osadzone przemieszczają się wewnątrz filtra, czy może ulegają całkowitemu oderwaniu. Poczynione analizy pozwolą z kolei na stworzenie innowacyjnych wkładów filtracyjnych do konkretnych zastosowań, które będą mogły pracować dłużej z wyższą skutecznością. Zostaną one wyprodukowane zmodyfikowaną techniką rozdmuchu stopionego polimeru (*melt-blown*) na stanowisku znajdującym się na Wydziale Inżynierii Chemicznej i Procesowej PW, którego jestem pracownikiem. Przy jej użyciu można w sposób kontrolowany wyprodukować filtr o założonej strukturze z dowolnego materiału termoplastycznego. Skuteczne struktury włókninowe nie mogą być uniwersalne, muszą być zaprojektowane do konkretnego zastosowania – do usuwania konkretnego rodzaju zanieczyszczeń.

W ramach moich prac powstała koncepcja filtrów gradientowych z wysoko sprawną warstwą nanowłókien, w których to średnica włókien i porowatość zmieniają się płynnie w strukturze filtra. Materiały te będą zabudowywane cząstkami w sposób równomierny w całej ich objętości, co zapewni wzrost pyłochłonności, a tym samym dłuższy „czas życia” bez konieczności ich częstej wymiany. Pierwsze badania zostały już przeprowadzone i ich wyniki wykazały



↑ Zdjęcie SEM polipropylenowego filtra włókninowego

zasadność tworzenia tego typu wkładów filtracyjnych.

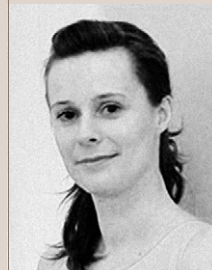
W kolejnym etapie prac podejmę próbę regeneracji, choć częściowej, poprzez zastosowanie oscylacji powierzchni filtracyjnej bądź jej otrząsania, obładowanych cząstkami filtrów włókninowych, ażeby konieczność ich wymiany była jak najrzadsza. Ponadto, by poprawić sprawność separacji cząstek aerozolowych w tego typu mediach, we współpracy z kolegami z Wydziału Inżynierii Materiałowej PW modyfikujemy powierzchnię ich włókien różnymi metodami (m.in. nanorurki, krzemionka, grafen, plazma), zwiększając tym samym powierzchnię filtracyjną, czy też zwiększając chropowatość włókien. Wszystkie nowo opracowane struktury badam za pomocą najwyższej klasy sprzętu pomiarowego pod kątem ich zdolności do filtracji różnego rodzaju cząstek aerozolowych o szerokim spektrum rozmiarów i różnej morfologii, zarówno stałych (np.  $\text{SiO}_2$ , KCl, NaCl), jak i ciekłych (np. mgła olejowa).

Śledząc w literaturze historię symulacji procesu separacji cząstek aerozolowych w warstwach włókninowych,

która rozpoczęła się od opisu filtracji na pojedynczym włóknie, następnie w wyidealizowanej strukturze złożonej z jednakowych włókien równomiernie rozmieszczonych w przestrzeni filtra, podjęłam trudne zadanie stworzenia modelu zachowania cząstek w rzeczywistym niejednorodnym filtrze włókninowym podczas jego rzeczywistej pracy. Jest to pierwsze takie podejście do zagadnień filtracji, stanowiące duże wyzwanie. Skonstruowany model matematyczny opisujący filtrację niustalona, oprócz wartości naukowych, będzie dawał ważne informacje techniczne służące projektowaniu skutecznych nowoczesnych materiałów filtracyjnych.

Te wszystkie prace są częścią grantów i projektów, których jestem koordynatorem (projekt LIDER III z NCBiR, „Nowe metody przygotowania gazu złożowego do celów technologicznych i dystrybucji w oparciu o nowoczesne materiały filtracyjne”, grant dziekański, „Filtracja nanoaerozoli w filtrach włókninowych”) czy też wykonawcą (projekt z amerykańską firmą Cummins, „Comprehensive study of the non-steady state filtration of gases in the fibrous filters. Theory, experiments and technology”).

Równocześnie otrzymuję stypendium Centrum Studiów Zaawansowanych PW dla młodych doktorów w ramach realizacji Programu Rozwojowego Politechniki Warszawskiej współfinansowanego przez UE z Europejskiego Funduszu Społecznego.



**Doktor inż. Anna Jackiewicz**, adiunkt na Wydziale Inżynierii Chemicznej i Procesowej. Pracuje w Katedrze Inżynierii Procesów Zintegrowanych, gdzie zajmuje się procesami filtracji. Stypendystka CSZ w ramach konkursów: CAS/1/POKL na stypendia naukowe dla doktorantów oraz CAS/28/POKL na stypendia naukowe dla młodych doktorów.

## TO, CO MUSIMY ZROBIĆ, TO POZNAĆ NASZĄ WEWNĘTRZNĄ NATURE I WIDZIEĆ RZECZY JAKIMI SĄ

*magister inż. Paweł Grabowski*

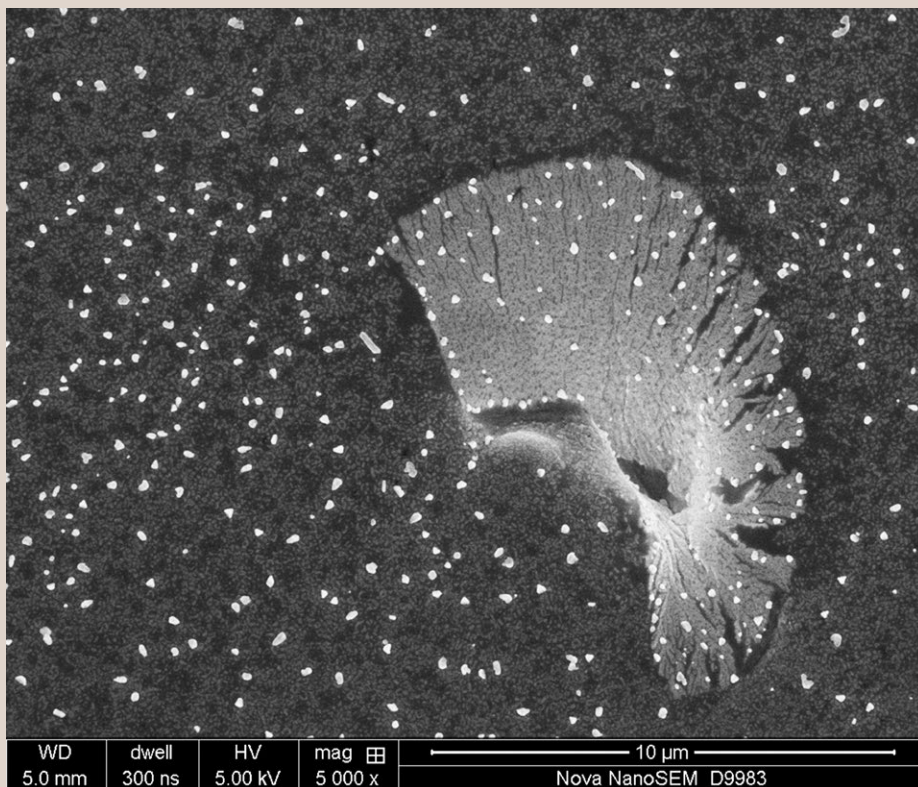
Przyznaję, że na moją fascynację przewodnikami superjonowymi w dużej mierze wpływa możliwość bezpośredniego kontaktu z przedmiotem badań. Wykonuję kompleksowy proces eksperymentalny, od utworzenia materiału do jego charakterystyki. Początkowo pracuję jako projektant. Ustalam skład, odczynniki chemiczne, przewiduję strukturę materiału. Następnie, jako pracownik laboratoryjny, dobieram metodę, ustalam parametry i syntezuję przygotowane substraty. Ostatni etap to prace badawcze. Charakteryzuję uformowany materiał, analizuję wyniki i staram się przybliżyć zasady fizyki, którymi rządzą się przewodniki jonowe. Ale co jest w tym takiego ciekawego?

Klasyczne szkliste przewodniki jonów srebra są otrzymywane w procesie wysokotemperaturowej syntezy. Kilkuset-stopniowy wytop jest następnie schładzany – stalowe płyty, którymi materiał jest ściskany, szybko odbierają energię.

Moje badania natomiast obejmują zastosowanie dwóch nowatorskich metod: mechanosyntezy i ultraszybkiego chłodzenia. Metody te wybrałem ze względu na ich szczególny charakter. Mechanosynteza, czyli mechaniczna synteza materiałów, jest procesem niskotemperaturowym. Stosowane są kulowe młyny planetarne. Synteza substratów zachodzi poprzez przekaz energii kinetycznej kul do materiału. Naukowcy z dziedziny inżynierii materiałowej, chemii oraz fizyki, zazwyczaj używają młynów kulowych wyłącznie do rozdrabniania materiałów tzw. ball-millingu. Tak więc praca badawcza dotycząca materiałów syntezowanych w młynach laboratoryjnych wydawała mi się bardzo niepozorna. Jednakże już pierwsze moje syntezы przewodników superjonowych pokazały duży potencjał tej metody. Możliwa jest, bowiem ścisła kontrola procesu dzięki zmiennym parametrom – należą do nich

prędkość obrotowa młyna, czas mielenia, obecność środka stwarzającego, tryb pracy, liczba kul oraz masa syntezowanego materiału. Ze względu na liczbę i dobór wartości parametrów jest możliwe formowanie materiałów o nietypowych strukturach. Możliwe jest otrzymywanie materiałów zarówno krystalicznych, amorficznych, jak i heterogenicznych. Mechanosyntezę cechuje ponadto szybkość, bezpieczeństwo i powtarzalność.

Kolejną metodą, którą stosuję w badaniach, jest ultraszybkie chłodzenie wytopów z zastosowaniem wirujących walców. Wytop powstały w procesie wysokotemperaturowej syntezy jest wylewany na chłodzone ciekłym azotem bliźniacze stalowe walce. Walce te mogą się obracać z prędkością do 1000 rpm. Pozwala to na gwałtowne odebranie ciepła z materiału ( $10^5$  K/s). Taki proces skutkuje „zamrożeniem” szklistej struktury materiału.



↑ Wytrącenia jodku srebra w amorficznej matrycy  $\text{AgI-Ag}_2\text{O-WO}_3$ . Wyróżniająca się struktura formuje fazę krystaliczną. Materiał otrzymany metodą ultraszybkiego chłodzenia

Kolejnym etapem jest charakteryzacja uformowanych materiałów. Wykonuję badania strukturalne, optyczne, termiczne oraz najważniejsze – elektryczne. Szeroka i dokładna charakterystyka materiałów jest ważna z punktu widzenia ich zastosowań. Przewodniki jonów srebra mogą być użyte w zintegrowanych bateriach elektrochemicznych nowego typu, jako stałe elektrolity lub materiały katodowe. Ich właściwości fizyko-chemiczne powodują, że miniaturyzacja urządzeń np. detektorów, mikro baterii lub superkondensatorów jest łatwa. Jako materiały funkcjonalne muszą spełniać warunki kwalifikujące je do pracy. Priorytetowym atrybutem jest przewodność jonowa ( $\sigma$ ) wyrażona w S/cm. Dla wielu przewodników jonów srebra wartości przewodności jonowej są na tyle duże, że klasyfikuje się je jako przewodniki superjonowe ( $\sigma > 10^4$  S/cm).

Znamienitym przykładem jest jodek srebra w fazie  $\alpha$ . Kubicznie centrowana struktura AgI pozwala na dużą ruchliwość jonów  $\text{Ag}^+$ . Powoduje to, że wartość przewodności jonowej  $\sigma$  dla  $\alpha$ -AgI wynosi 1 S/cm. Dużym ograniczeniem jest natomiast temperatura – wysoko przewodząca faza jodku srebra istnieje w temperaturach powyżej  $147^\circ\text{C}$ . Prace badaczy japońskich z Uniwersytetu w Osace dowiodły, że stabilizacja tej wysokotemperaturowej fazy w temperaturze pokojowej jest możliwa, gdy

faza ta jest osadzona w matrycy szkła srebrowego z dużą zawartością AgI ( $\geq 76$  mol%) otrzymanego metodą ultraszybkiego chłodzenia. Tak wytworzona faza  $\alpha$ -AgI jest jednak niestabilna i zmienia swoją strukturę krystaliczną, przechodząc pod wpływem szoków mechanicznych, np. w rezultacie rozdrabniania materiału, lub termicznych (wygrzewanie w podwyższonej temperaturze), do niskotemperaturowej, słabo przewodzącej fazy  $\alpha$ -AgI. Inną metodą stabilizacji fazy  $\alpha$ -AgI do niższych temperatur jest wytwarzanie materiałów charakteryzujących się dużym rozdrobnieniem ziaren AgI. Ziarna te mogą być osadzone w innym materiale lub chemicznej matrycy drogą złożonych metod chemicznych.

Jak zatem sytuują się moje badania w tym obszarze? Do prób stabilizacji fazy  $\alpha$ -AgI wykorzystałem dostępne mi metody. Skutecznie wykazałem, że sekwencyjne zastosowanie ultraszybkiego chłodzenia i mekhanosyntezy do formowania przewodnika o typowym składzie  $\text{AgI-Ag}_2\text{O-B}_2\text{O}_3$  prowadzi do osadzenia w szklistej matrycy jodku srebra w postaci ziaren o rozmiarze 20 nm. Pozwala to na stabilizację wysoko przewodzącej fazy do temperatury  $65^\circ\text{C}$ . Do dalszych badań otrzymywania nanoziaren jodku srebra zastosowałem również metodę mekhanosyntezy w krystalicznych kompozytach  $\text{AgI-Ag}_2\text{O-TiO}_2$ .

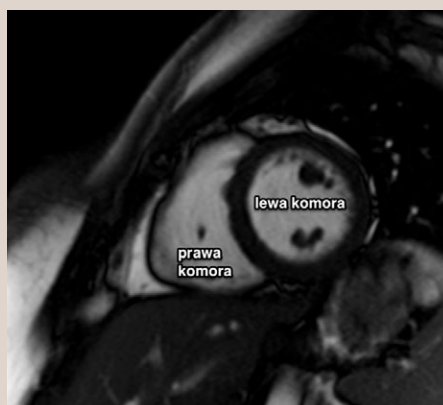
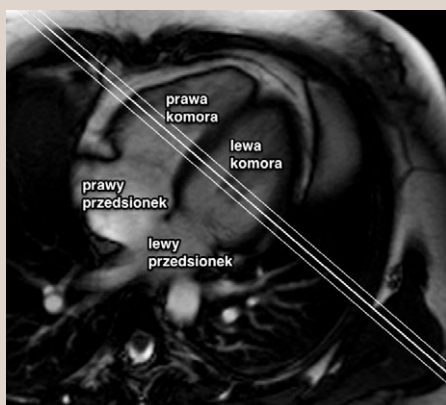
Dobierając proporcje reagentów i warunki mielenia, wytworzyłem materiał wykazujący obniżenie temperatury stabilizacji fazy  $\alpha$ -AgI do temperatury pokojowej ( $\sim 30^\circ\text{C}$ ).

Równie ważna część moich prac była ukierunkowana na opracowanie metody wytwarzania stabilnych i efektywnych przewodników superjonowych. Badania prowadziłem w układach z trójtlenkiem wolframu. Stosując odpowiednie parametry mekhanosyntezy, uzyskałem materiał wykazujący wartość przewodności jonowej równą  $7 \cdot 10^{-2}$  S/cm. To wartość znacznie wyższa niż dla materiałów otrzymywanych standardowymi metodami syntezy w podobnych układach. Ponadto jest on stabilny w szerokim zakresie temperatur. Te właściwości predestynują otrzymany materiał do zastosowań aplikacyjnych.

W trakcie prowadzenia badań w układach trójskładnikowych  $\text{AgI-Ag}_2\text{O-M}_x\text{O}_y$  ( $\text{M}_x\text{O}_y$  – tlenek metalu), wykazałem zależności, jakie występują pomiędzy parametrami procesu mekhanosyntezy a właściwościami strukturalnymi, termicznymi i elektrycznymi formowanych przewodników jonów srebra. Znajomość tych ścisłych korelacji pozwoliła poznać proces formowania się struktury amorficznej w trakcie mekhanosyntezy, a co więcej, umożliwia „projektowanie” materiałów o pożądanych właściwościach.

Te i wszystkie inne osiągnięcia warto nieustannie zestawiać z pytaniem o poznanie własnej Wewnętrznej Natury. Cieszę się, że w trakcie badań świata przewodników superjonowych miałem okazję do przyjrzenia się sobie. Zaobserwowałem, że zainteresowanie, które przeradza się w zdrową pasję, jest tylko jednym ze składowych elementów życia. Jednak jakże ważnym.

{ Magister inż. Paweł Grabowski, doktorant na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej, stypendysta CSZ w ramach konkursów: CAS/22/POKL na stypendia naukowe oraz CAS/31/POKL na naukowe stypendia wyjazdowe dla doktorantów. }



↑ Rys. 1. Przykładowe obrazy serca w tomografii rezonansu magnetycznego. Na obrazie z lewej strony zaznaczono linie przekroju widocznego na obrazie ze strony prawej

## MIEJ SERCE I PATRAJ W SERCE

magister inż. Konrad Werys

### ZAJRZEĆ DO ŚRODKA CIAŁA CZŁOWIEKA

Kto z nas nie zastanawiał się, jak wygląda nasze ciało od środka? Kto, podczas lekcji biologii nie próbował wyobrazić sobie struktury swojego mózgu albo układu przewodu pokarmowego? Współczesna medycyna umożliwia nam zajrzenie do wnętrza człowieka dzięki technikom obrazowania, takim jak ultrasonografia, obrazowanie rentgenowskie, tomografia rezonansu magnetycznego czy medycyna nuklearna. Czy któraś z nich pozwala nam zobaczyć, jak rusza się serce albo sprawdzić, która część mózgu pracuje w trakcie słuchania naszej ulubionej piosenki, a która, gdy rozwiązujemy skomplikowany problem matematyczny? Jest to możliwe dzięki tomografii rezonansu magnetycznego - MRI (*Magnetic Resonance Imaging*). Metoda ta jest nieinwazyjna, zapewnia bardzo wysoką rozdzielczość otrzymanych obrazów oraz nie naraża nas na szkodliwe promieniowanie (w przeciwieństwie do zdjęć rentgenowskich czy medycyny nuklearnej).

### JAK SERCE WYGLĄDA I JAK PRACUJE?

Najczęstszą przyczyną śmierci w Europie są choroby serca i układu

krwionośnego (raporty *World Health Organization*). Przyjrzyjmy się różnym rodzajom obrazów rezonansu magnetycznego, które ma do dyspozycji lekarz zastanawiający się nad diagnozą.

Technika CINE umożliwia otrzymanie serii zdjęć, które oglądane jedno po drugim pokazują pozycję serca w kolejnych chwilach jego pracy. Można zobaczyć ruch serca jak na filmie, cały cykl od rozkurczu przez skurcz do kolejnego rozkurczu. Na podstawie tych obrazów lekarz może zobaczyć strukturę serca. Może obliczyć, jaka jest objętość krwi w sercu w skurczu i rozkurczu, a także wyznaczyć frakcję wyrzutową - parametr określający, czy serce kurczy się prawidłowo. Może również na podstawie oględzin tego „filmu” określić, czy poszczególne części mięśnia kurczą się równomiernie, czy któraś nie jest nieruchoma. Technika FLOW umożliwia analizę przepływu krwi. Dzięki obrazom, na których jest zakodowana prędkość przepływu, można określić, czy krew płynie prawidłowo, czy nie powstają wiry, czy nie przyspiesza tam, gdzie nie powinna. W naczyniach takich jak aorta, można obliczyć wartość przepływu i sprawdzić, czy przypadkiem krew się nie cofa. Jeśli się cofa,

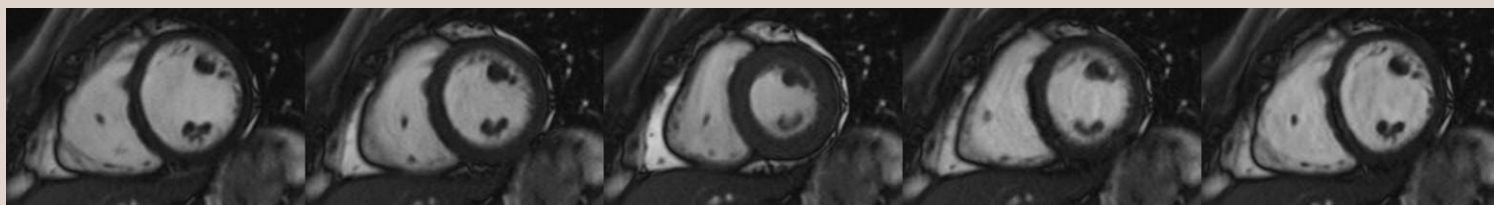
może to świadczyć o niedomykalności zastawek.

Aby lepiej uwidocznić pewne struktury, na przykład naczynia krwionośne, można stosować środki kontrastowe. Są to substancje (zazwyczaj zawierające gadolin), które umożliwiają wzmocnienie sygnału. Oznacza to, że miejsca, w których znajduje się środek kontrastowy są lepiej widoczne na obrazie. Środki kontrastowe najczęściej są podawane dożylnie. Dzięki nim można otrzymać obraz angiograficzny z bardzo wyraźnymi naczyniami krwionośnymi.

### BLIZNA JAK NA DŁONI

Spróbujmy odpowiedzieć na pytanie, jakie informacje daje lekarzom badanie rezonansem magnetycznym, których nie dają inne techniki obrazowania. Obrazy tomografii rentgenowskiej są w wyższej rozdzielczości, lepiej na nich widać struktury serca. Obrazy angiograficzne tomografii rentgenowskiej mają wyższą jakość niż te z rezonansu magnetycznego. Ze względu na dawkę promieniowania rentgenowskiego nie można otrzymać ruchomych obrazów serca, ale od tego jest ultrasonografia. Przy użyciu ultrasonografii można obserwować ruch serca, z pomocą technik dopplerowskich można określić wartości prędkości przepływu. Owszem, obraz ultrasonograficzny jest mocno zaszumiony i potrzeba doświadczonego lekarza do oceny tego, co jest na obrazach. Ale czy to uzasadnia zastosowanie drogiego badania rezonansem magnetycznym? Zarówno badania ultrasonograficzne jak i tomografii rentgenowskiej są tańsze i szybsze.

Lekarz badający serce zadaje sobie pytania. Czy pacjent przeszedł zawał? Jeśli tak, która część serca jest dotknięta martwicą? Obrazy z widocznym rejonem blizny byłyby nieocenioną pomocą w odpowiedzi na te pytania. Możemy je otrzymać w tomografie rezonansu magnetycznego (MRT - ang. *magnetic resonance tomography*) przy użyciu techniki późnego wzmocnienia pokontrastowego - LGE (*Late Gadolinium Enhancement*).



↑ Rys. 2. Wybrane 5 spośród 25 obrazów CINE. Serce w rozkurczu na pierwszym i ostatnim obrazie. Serce w skurczu na środkowym obrazie



↑ Rys. 3. Obraz późnego wzmocnienia pokontrastowego LGE. Warto porównać z Rys. 2. Jasne obszary na obrazie LGE świadczą o bliznie lub tkance tłuszczowej

Środek kontrastowy podany dożylnie jest w organizmie rozprowadzany poprzez naczynia krwionośne. Do zdrowych tkanek dostaje się szybko i szybko jest z nich wypłukiwany. Do tkanek chorych, w tym blizny pozawałowej, dostaje się trudniej i dłużej tam zostaje. Po jakimś czasie, większość środka kontrastowego jest wypłukana z tkanek zdrowych, a jego stężenie w tkankach z martwicą jest ciągle duże, dzięki czemu możemy otrzymać obraz z wyraźnie widocznymi, wzmocnionymi regionami blizny. Żadna inna metoda obrazowania nie jest w stanie dostarczyć lekarzom tak ważnej informacji.

### ZADANIE DLA INŻYNIERA

Opisałem zalety i wady tomografii rezonansu magnetycznego od strony zainteresowania lekarza. A co z technikami obrazowania rezonansem magnetycznym może zrobić inżynier? Oczywiście, może je ulepszyć. MRI jest młodą techniką obrazowania, w szpitalach zaczęto ją stosować w latach 90. Jest też metodą skomplikowaną – od włożenia próbki do tomografu do otrzymania obrazu potrzeba wielu kroków. Każdy z nich to wyzwanie dla inżyniera i za każdym kryje się skomplikowana aparatura oraz zaawansowana matematyka. Dalej zaprezentuję trzy spośród moich projektów, które są bezpośrednio związane z tą problematyką.

### WYZNACZENIE LOKALNEJ KURCZLIWOŚCI SERCA

Na podstawie obrazów CINE można wyznaczyć objętość komory serca w chwili skurczu i rozkurczu i na tej podstawie obliczyć frakcję wyrzutową. Jest to globalna miara kurczliwości serca – wyznaczona dla całej komory. Aby ocenić kurczliwość lokalną, czyli ocenić, czy poszczególne rejony komory kurczą się poprawianie, lekarz dokonuje oględzin obrazów CINE. Brakuje sprawdzonych i powtarzalnych metod oceny kurczliwości przy użyciu liczb. Takim parametrem ilościowym mogłoby być odkształcenie – parametr opisujący deformację, znany z mechaniki ośrodków ciągłych. Jedną z technik stosowanych w tym celu jest Tagged MRI (znakowanie magnetyczne). Obrazy znakowane charakteryzują się widoczną siatką, która rusza się wraz z mięśniem sercowym. Siatka ta znacznie ułatwia ocenę wizualną ruchu serca, umożliwia też stosowanie niektórych algorytmów wyznaczenia odkształcenia.

### ZASTOSOWANIE OBRAZÓW 4D-FLOW W WADACH WRODZONYCH SERCA

Tradycyjna technika FLOW umożliwia wyznaczenie wartości prędkości w jednej płaszczyźnie. Obecnie coraz większą popularność zdobywa technika 4d-flow umożliwiająca wyznaczenie wektora prędkości w 3 kierunkach oraz informacje na temat jego ewolucji w czasie pracy serca (czas to 4-ty wymiar w nazwie). Możliwa jest wizualizacja pola wektorowego, przy użyciu której można szukać anomalii w przepływie krwi w poszczególnych naczyniach. Możliwe jest też wyznaczenie parametrów ilościowych takich jak średni przepływ lub objętość przepływająca przez przekrój naczynia. Być może technika ta pozwoli lepiej zrozumieć procesy zachodzące w wadach wrodzonych serca.

### POPRAWA ALGORYTMU REKONSTRUKCJI OBRAZÓW LGE

Rekonstrukcja to proces umożliwiający otrzymanie obrazu z zespolonego sygnału odebranego przez tomograf

rezonansu magnetycznego. W obrazach LGE wysoką wartość sygnału ma tkanka, w której pozostał kontrast, na przykład blizna. Niestety w tej technice obrazowania nie tylko blizna daje wysoki sygnał, na obrazach „świecą” również tkanki bogate w tłuszcz. Przy ocenie obrazów po rekonstrukcji z zastosowaniem popularnych algorytmów, opierających się na amplitudzie sygnału zespolonego, trudno rozróżnić bliznę i tłuszcz. W fazie sygnału zespolonego ukryta jest informacja o pewnych właściwościach tkanek. Informacja ta jest odrzucana i nie jest brana pod uwagę przy rekonstrukcji amplitudowej. Moim celem jest opracowanie lepszej metody rekonstrukcji z zastosowaniem informacji fazowej.

Wyjazd na University of Utah w ramach stypendium CSZ dał mi możliwość pracy w zespole doświadczonych naukowców, najlepszych ekspertów w dziedzinie. Pozwolił mi również pogłębić wiedzę na temat tomografii rezonansu magnetycznego serca oraz przetwarzania obrazów cyfrowych. Nawiązane kontakty owocują dalszą współpracą w zakresie wszystkich wymienionych wyżej projektów, które realizuję właśnie z naukowcami z University of Utah oraz z zespołem z Pracowni Rezonansu Magnetycznego w Instytucie Kardiologii w Aninie.

{21}

{ Magister inż. Konrad Werys, doktorant na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej, stypendysta CSZ w ramach konkursów: CAS/24/POKL na naukowe stypendia wyjazdowe oraz CAS/27/POKL na stypendia naukowe dla doktorantów. }



↑ Rys. 4. Obrazy znakowane magnetycznie (tagged MRI), analogiczne położenie do Rys. 2. Siatka rusza się wraz z mięśniem

# Nauka bez granic

Przez pięć kolejnych lat organizacji konkursów w ramach Programu Rozwojowego Politechniki Warszawskiej, Centrum Studiów Zaawansowanych przyznało ponad 170 naukowych stypendiów zagranicznych, z czego w ostatnim roku aż 50 – po 25 dla doktorantów i nauczycieli akademickich PW. W czasie staży w wiodących jednostkach naukowych na całym świecie, stypendyści mają szansę zdobycia i wymiany doświadczeń, a także poznania, często tak bardzo odmiennego, kraju i obowiązującego w nim systemu edukacji. Chcąc zachęcić jeszcze szersze grono naukowców do przekraczania granic państwowych w poszukiwaniu naukowej inspiracji, możliwości wymiany doświadczeń oraz do budowania międzynarodowych zespołów badawczych, kontynuujemy cykl Nauka bez granic. Tym razem przeniesiemy się wraz z Dominikiem Sypniewskim do Centrum Prawa Uniwersytetu Georgetown (USA) oraz Jakubem Grochowskim do Tokyo Institute of Technology (Japonia).

## NAUKI PRAWNE I POLITECHNIKA WARSZAWSKA?

Dominik Sypniewski, doktor nauk prawnych, adiunkt na Wydziale Administracji i Nauk Społecznych PW

Nauki prawne i Politechnika Warszawska? Tak, to możliwe! Stypendium w jednej z najlepszych szkół prawa w Stanach Zjednoczonych dało mi unikalną szansę rozwoju naukowego wzbogaconego o wiele nowych doświadczeń.

Moja przygoda z Uniwersytetem Georgetown rozpoczęła się na początku 2007 roku, kiedy otworzyłem list z Polsko-Amerykańskiej Komisji Fulbrighta. Informacja o otrzymaniu stypendium na w Centrum Prawa Uniwersytetu Georgetown w istotny sposób ukształtowała moją karierę naukową. Nie tylko umożliwiła przygotowanie badań dotyczących funkcjonowania prawa budowlanego w Stanach Zjednoczonych, ale pozwoliła również zrozumieć mechanizmy funkcjonowania ogromnych prywatnych uczelni i sposób na połączenie silnych akademickich wartości z elementami wolnorynkowej konkurencji.

Bezpośrednio po obronie doktoratu, za radą mojej promotor, prof. nzw. dr hab. Heleny Kisilowskiej, rozpocząłem prace nad przygotowaniem rozprawy habilitacyjnej. Ze względu na poprzednie doświadczenia nie miałem wątpliwości, że Centrum Prawa Uniwersytetu Georgetown byłoby

idealnym miejscem do przeprowadzenia analizy organizacji zawodowych prawników i regulacji zawodów prawniczych. Wiadomość o uzyskaniu stypendium Centrum Studiów Zaawansowanych PW oznaczała, że moje marzenia o powrocie do Waszyngtonu okazały się bardzo realne.

Powrót do Waszyngtonu i Centrum Prawa Uniwersytetu Georgetown we wrześniu 2012 był powrotem do miejsca znanego i przyjaznego. Organizacja życia codziennego okazała się dużo prostsza niż podczas poprzedniego pobytu. Wizytę na uczelni rozpocząłem od spotkań naukowych z poznanymi wcześniej profesorami, z prof. Michaelem Frischem, który zgodził się na pełnienie funkcji *faculty advisor*, a także innymi osobami, które również zostały zakwalifikowane do programu dla *visiting researchers & scholars*.

Od strony formalnej status *visiting scholar* uprawnia do korzystania z całej infrastruktury Centrum Prawa, a także Uniwersytetu – na takich zasadach jak inni studenci Centrum Prawa. Szczególnym uprawnieniem jest możliwość zarezerwowania na czas pobytu biurka w Bibliotece Prawa Georgetown, która posiada jeden z największych zbiorów prawniczych w Stanach Zjednoczonych. Zapelnione książkami biurko stało się moim podstawowym miejscem pracy. Dodatkowo *visiting scholar* ma prawo brać udział w zajęciach dydaktycznych na zasadach wolnego słuchacza za zgodą prowadzącego. Ja zdecydowałem się na konwersatorium z zakresu zasad wykonywania zawodów prawniczych oraz adwokata. Kampus Centrum Prawa robi naprawdę duże wrażenie. Znajduje się on w centrum Waszyngtonu, blisko

Kapitolu, Sądu Najwyższego Stanów Zjednoczonych, Biblioteki Kongresu, a także budynków rządu federalnego i władz Dystryktu Columbia. W skład kampusu wchodzi trzy budynki:

(i) Biblioteka Prawa Amerykańskiego E.B. Williams, (ii) budynek dydaktyczny, w którym odbywa się większość zajęć oraz znajdują się pokoje profesorów i wykładowców, a także kantyna, kaplica i reprezentacyjna aula oraz (iii) budynek główny, w którego skład wchodzi część administracyjna wraz z Biblioteką Prawa Międzynarodowego i salami seminaryjnymi, część rekreacyjna, w której znajduje się kawiarnia oraz centrum fitness z basenem, siłownią, pełnowymiarowym boiskiem do koszykówki oraz kortami do racquetballa, a także akademik dla studentów. Dostęp do poszczególnych części kampusu wymaga karty GoCard z odpowiednimi uprawnieniami, do której mają dostęp tylko studenci i pracownicy. W przypadku biblioteki są wydawane jednorazowe przepustki, poza okresem sesji egzaminacyjnej właściwie każdej osobie. Organizacja studiów oraz poszczególnych zajęć w Centrum Prawa jest zupełnie inna niż model, który dominuje na polskich uczelniach. Podstawowa różnica polega na tym, że w systemie amerykańskim uczelnie mają dużo szerszy zakres autonomii, a funkcje akredytacyjne pełnią prywatne instytucje. W konsekwencji programy studiów są dużo bardziej elastyczne, czego efektem jest większa swoboda studentów w doborze przedmiotów. Drugą istotną różnicą to znacznie mniejsza liczba przedmiotów, co jest jednak skorelowane ze znacznie większym zaangażowaniem studentów.



↑ Georgetown University to najstarszy prywatny katolicki uniwersytet w Stanach Zjednoczonych, działający w Waszyngtonie (Dystrykt Columbia) w dzielnicy Georgetown. Jego korzenie sięgają 1634 r., ale formalnie powstał w 1789 r. Centrum Prawa (na zdj.) powstało w roku 1870 i jest drugą co do wielkości szkołą prawa w Stanach Zjednoczonych

Przygotowanie do każdego zajęcia zajmuje studentom po kilka godzin, co jest związane z koniecznością przeczytania kilkudziesięciu stron tekstów, a niekiedy również napisaniem eseju. Przygotowanie do zajęć zwykle nie podlega weryfikacji, jednak z mojej obserwacji wynikało, że zdecydowana większość studentów po prostu była dobrze przygotowana i mogła czynnie uczestniczyć w zajęciach. Ze względu na zakres zajęć osoby nieprzygotowane miałyby problem ze zrozumieniem przekazywanych treści.

Warto również zwrócić uwagę na charakter relacji między wykładowcami, a studentami. Z jednej strony są one dość swobodne, co częściowo wynika z uwarunkowań językowych i kulturowych. Z drugiej strony zasady zaliczenia przedmiotu, przeprowadzenia egzaminu oraz jego oceny są bardzo sformalizowane. Do tego stopnia, że prowadzący konwersatorium na

ostatnich zajęciach wyznaczył określony co do dnia i godziny termin, do którego można mu przesyłać e-mailem pytania związane z przedmiotem i egzaminem, zastrzegając, że jest to jedyna forma kontaktu, a odpowiedzi zostaną udzielone w taki sposób, żeby każdy student przystępujący do egzaminu miał możliwość zapoznania się z nimi. Bardzo interesujące jest podejście wykładowców do korzystania przez studentów z laptopów w trakcie zajęć. Zdecydowana większość ma tu liberalne podejście i świadomość, że część uwagi studentów jest rozproszona przez Internet, ale zdarzają się profesorowie, którzy w sylabusie zajęć, zazwyczaj o charakterze seminaryjnym, wskazują na zakaz korzystania z laptopów i Internetu.

Ciekawym doświadczeniem było również obserwowanie studentów oraz kultury studenckiej. W tym zakresie zdecydowanie należy odróżnić obcokrajowców studiujących na rocznym programie LLM stanowiących grupę zróżnicowaną, choć równocześnie zintegrowaną, oraz Amerykanów studiujących na trzyletnim programie JD. Ze względu na wysokie koszty studiowania (w skali roku jest to około 60 000 dolarów) oraz bardzo konkurencyjny rynek pracy studenci są bardzo skoncentrowani na nauce, uzyskiwaniu wysokich ocen, a także budowaniu relacji z profesorami i wykładowcami, których rekomendacje mogą mieć istotne znaczenie w dalszej karierze zawodowej lub akademickiej. Studenci są jednak również bardzo zaangażowani w działalność kół naukowych, klinik prawa oraz innych organizacji studenckich.

## JAPOŃSKI SYSTEM EDUKACJI

*magister inż. Jakub Grochowski, doktorant na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych PW o tym jak uczą się w Japonii oraz o jednej z najlepszych uczelni japońskich – 東京工業大学*

W roku 1868 w Japonii nastąpiła epoka zwana *Meiji* (epoka świątłych rządów). Wtedy to cesarz Mutsuhito zniósł feudalizm i ogłosił restaurację władzy cesarskiej. Japonia otworzyła swe

granice i zaczęła intensywnie przyswajać zachodnie wzorce państwowe, między innymi w kwestii edukacji. W roku 1886 po raz pierwszy wprowadzono obowiązek nauki szkolnej, a obecny system edukacyjny jest regulowany przez dwie ustawy uchwalone po drugiej wojnie światowej (w roku 1947), które między innymi wprowadziły szkoły koedukacyjne. Obecny system szkolnictwa jest podzielony na pięć etapów.

→ I Przedszkole, do którego uczęszczają dzieci w wieku od lat 3 do 6 (od roku do trzech lat pobytu). Uczęszczanie do przedszkola jest nieobowiązkowe, ale w praktyce posyłana jest do niego większość dzieci. Po pierwsze ze względu na brak czasu zapracowanych rodziców

Obok kwestii naukowych, niezwykle ważną rolę na Uniwersytecie Georgetown, czy też szerzej w amerykańskim szkolnictwie wyższym, odgrywa sport. Jest to widoczne zwłaszcza na poziomie college'u, gdzie zdecydowana większość studentów uprawia jakąś dyscyplinę sportową, a występy akademickich drużyn koszykówki, czy też futbolu amerykańskiego często cieszą się zainteresowaniem porównywalnym z zawodowymi ligami. Masowe uprawianie sportu przez studentów oraz prowadzenie zdrowego i aktywnego trybu życia jest promowane przez władze uczelni. Wyjazd na stypendium do Centrum Prawa Uniwersytetu Georgetown dał mi możliwość zgromadzenia materiałów do pracy habilitacyjnej oraz nawiązania interesujących kontaktów naukowych. Pozwolił również na lepsze poznanie specyfiki amerykańskiego szkolnictwa wyższego, a także mechanizmów funkcjonowania jednej z najlepszych amerykańskich szkół prawa.

{ Doktor Dominik Sypniewski – doktor nauk prawnych, adiunkt na Wydziale Administracji i Nauk Społecznych, zatrudniony na Politechnice Warszawskiej od roku 2004. Jest absolwentem Uniwersytetu Warszawskiego oraz Szkoły Głównej Handlowej. Stypendysta Polsko-Amerykańskiej Komisji Fulbrighta oraz Centrum Studiów Zaawansowanych PW. Autor licznych publikacji naukowych z zakresu prawa administracyjnego, prawa budowlanego i gospodarki nieruchomościami. }

i po drugie, gdyż ci ostatni są zdeterminowani, aby zapewnić dziecku jak najlepszy start od samego początku.

→ II Szkoła podstawowa – pierwszy stopień obowiązkowej edukacji. Uczą się tu dzieci w wieku od 6 do 12 roku życia (6 lat nauki).

→ III Szkoła średnia niższego stopnia (odpowiednik polskiego gimnazjum) – drugi i ostatni stopień kształcenia obowiązkowego; 3 lata nauki od 12 do 15 roku życia.

→ IV Szkoła średnia wyższego stopnia (liceum) to pierwszy nieobowiązkowy stopień nauczania. Z tego też powodu przyjęcie odbywa się na podstawie wyniku z egzaminu wstępnego, do którego przygotowania zaczynają się przynajmniej rok wcześniej. Nauka



↑ Główny gmach Tokyo Institute of Technology w kampusie Ōokayama, na końcu drewnianego pomostu otoczonego rzędami kwitnących wiśni (zdjęcie własne)

w zależności od profilu trwa: 3 lata w szkołach ogólnokształcących i ok. 5 lat w szkołach technicznych (zawodowych). Na naukę w tych ostatnich decyduje się ok. 25% absolwentów gimnazjów. Od drugiego roku nauki, uczniowie popołudniami i wieczorami uczęszczają codziennie do specjalnych prywatnych szkół *yōbiko*, gdzie przygotowują się do egzaminów na wyższe uczelnie. Tu warto wspomnieć, że w szkołach podstawowych oraz średnich promocja z klasy do klasy odbywa się automatycznie. Mimo wielu pisanych w ciągu każdego roku egzaminów, ich wyniki są jedynie informacją dla uczniów, nauczycieli i rodziców.

→ V Uniwersytet, uczelnia wyższa. Na naukę w uniwersytetach decyduje się około 45% absolwentów liceów. Kandydaci najpierw zdają jeden ogólnokrajowy egzamin centralny. Odpowiednio wysoki wynik z tego testu umożliwia podejście do egzaminów układanych przez konkretne uczelnie. Na uczelniach prywatnych jest to jeden wyjątkowo trudny sprawdzian, podczas gdy na publicznych – kilka, z każdego przedmiotu oddzielnie.

W japońskiej szkole zajęcia odbywają się między 8:30 i 15:30 w klasach liczących średnio po 40 dzieci. Obowiązują szkolne mundurki zwane *seifuku*. Po lekcjach znacząca większość uczniów odbywa zajęcia w klubach sportowych, artystycznych, naukowych. Zajęcia trwają tam średnio do godziny 17–18. Następnie udają się do *juku*, czyli prywatnych szkół, gdzie utrwała się

zdobywaną na bieżąco wiedzę i przygotowuje do egzaminów na kolejne szczeble edukacji. Nie są one obowiązkowe, lecz powszechne przekonanie, że są gwarantem i warunkiem koniecznym osiągnięcia edukacyjnego sukcesu, sprawia, że uczęszcza do nich ponad 90% uczniów.

Rok szkolny trwa w Japonii od 1 kwietnia do połowy marca, więc przerwa między kolejnymi latami nauki trwa zaledwie 2 tygodnie. Do tego wolny jest jeszcze miesiąc wakacji letnich oraz 14 dni ferii zimowych.

Przyszli studenci, już kilka miesięcy przed egzaminami całkowicie zmieniają swój tryb życia. Cały czas wypełnia im nauka – zajęcia w szkole do wczesnego popołudnia, kursy przygotowujące do egzaminów do wieczora i parę godzin nauki w domu przed zaśnięciem. Okres egzaminów na studiach nazywany jest w Japonii *shiken jigoku* – „piekło egzaminów”.

Absolwenci największych i najlepszych uniwersytetów japońskich, z reguły bez problemu znajdują zatrudnienie w największych firmach i koncernach. W naukach ścisłych prym wiodą uniwersytety: Tokyo University, Nagoya University, Osaka University oraz odpowiedniki polskich politechnik: Tokyo Institute of Technology czy Nagoya Institute of Technology. Japoński system edukacji, mimo że z pewnością bardzo skuteczny, nie jest pozbawiony wad. Sprawdziany wiedzy uczniów i studentów na każdym poziomie to testy wielokrotnego wyboru. Nie ma więc specjalnie miejsca na kreatywność, naukę nastawioną na rozwiązywanie zadań czy wykorzystywanie podręcznikowej wiedzy do

rozwiązywania realnych problemów. Umieć trzeba właściwie tylko... rozwiązywać testy. I tego właśnie *de facto* uczą prywatne popołudniowe szkoły. Kolejnym problemem jest język angielski. Jedną z najbardziej zaskakujących obcokrajowca rzeczy w Japonii, jest poważna trudność – żeby nie powiedzieć, brak możliwości – porozumienia się w języku angielskim z kimkolwiek, gdziekolwiek. Powodem jest fakt, że nauka angielskiego jest prowadzona po japońsku, przy użyciu napisanych w tymże języku podręczników i nastawiona nie na naukę języka, a na naukę rozwiązania testu językowego podczas egzaminu na uniwersytet. Również presja, jakiej są poddawani młodzi ludzie na każdym etapie edukacji – ze strony rodziny, nauczycieli, rówieśników, nie wpływa dobrze na ich wyniki. Samobójstwa wśród uczniów, których przerasta to wszechobecne „społeczne ciśnienie”, nie są w Japonii czymś tak niezwykłym, jak mogłoby się wydawać przeciętnemu Europejczykowi. Jedną z największych i najlepszych uczelni przyrodniczo-technologicznych w kraju jest 東京工業大学 *Tōkyō Kōgyō Daigaku* – Tokyo Institute of Technology (w skrócie ToKoDai lub TokyoTech), gdzie obecnie odbywam półroczny staż, dzięki stypendium wyjątkowemu Centrum Studiów Zaawansowanych PW. W międzynarodowym rankingu *QS World University Ranking 2012/2013* zajął 65. miejsce (19. w kategorii *Engineering & Technology*). Budżet uczelni na rok 2012 wyniósł 467 milionów dolarów. Uczy się tu obecnie 4800 studentów I-ego stopnia i 5100 magistrantów oraz doktorantów. Z roku na rok zwiększa się liczba studentów z zagranicy. Aktualnie jest to ponad 10%, z czego znaczna większość to studenci studiów II-ego i III-ego stopnia.

TokyoTech został założony przez japoński rząd w roku 1881 jako szkoła zawodowa. W roku 1929 uzyskał rangę uniwersytetu z prawami nadawania stopni naukowych, a w roku 2004 stał się zupełnie samodzielną administracyjnie instytucją nazwaną „National University Corporation Tokyo Institute of Technology”. ToKoDai tworzą trzy kampusy znajdujące się na terenie metropolii Tokijskiej. Są to:

→ Ōokayama Campus – główny i zarazem największy kampus uniwersytetu. Na jego terenie znajdują się budynki poszczególnych szkół i wydziałów, sale wykładowe, kluby sportowe, muzyczne i naukowe, boiska,



- akademiki oraz słynny drewniany pomost okolony drzewami wiśni znajdujący się przed głównym budynkiem, w sercu terenu o powierzchni ponad 240 000 m<sup>2</sup>.
- Suzukakedai Campus – kampus położony właściwie na rogatkach Jokohamy, składający się w głównej mierze z laboratoriów badawczych. To właśnie tu przychodzę codziennie do laboratorium prowadzić swoje badania.
  - Tamachi Campus – dziesięciokrotnie mniejszy od dwóch poprzednich kampus, znajdujący się we wschodniej części stolicy Japonii.
- W skład Tokyo Institute of Technology wchodzi:
- trzy szkoły licencjackie (Undergraduate Schools): School of Science, School of Engineering, School of Bioscience and Biotechnology;
  - sześć szkół kształcących magistrów i doktorów (Graduate Schools): Graduate School of Science and Engineering, Graduate School of Bioscience and Biotechnology, Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Graduate School of Information Science and Engineering, Graduate School of Decision Science and Technology, Graduate School of Innovation Management;
  - cztery laboratoria badawcze: Chemical Resources Laboratory, Precision and Intelligence Laboratory, Research Laboratory for Nuclear Reactors, Materials and Structures Laboratory;
  - wiele centrów rozwojowo-dydaktycznych.

W trakcie stypendium prowadzę badania w ramach swojego doktoratu w Materials and Structures Laboratory, w grupie profesorów Hideo Hosono oraz Toshio Kamiya. Grupa ta skupia się na badaniach nowych materiałów oraz przyrządów elektroniki, ze szczególnym naciskiem na materiały amorficzne, elektronikę przezroczystą oraz nadprzewodniki. To właśnie tu w 2004 roku odkryte zostały materiały z grupy przezroczystych amorficznych półprzewodników tlenkowych. Po zaledwie dziewięciu latach zawrotnej kariery, tranzystory TFT oparte na tych materiałach, którymi właśnie się zajmuję, można znaleźć w telewizorach i smartfonach firmy SHARP oraz wyświetlaczach nowych iPad'ów. To owoce ścisłej współpracy TokyoTech z największymi firmami przemysłu elektronicznego. Prace Hosono/Kamiya Lab koncentrują się również na badaniach

*Wszystkich zainteresowanych stypendiami wyjazdowymi – doktorantów i nauczycieli akademickich PW – zapraszamy do aplikowania w ostatnich konkursach na naukowe stypendia wyjazdowe. Konkursy zostaną ogłoszone w listopadzie 2013 roku i będą dotyczyły wyjazdów realizowanych w 2014 roku. Warunkiem bezwzględnym jest zakończenie wyjazdu najpóźniej do 31 grudnia 2014 roku i złożenie sprawozdania merytorycznego do końca stycznia 2015 roku.*

nowoczesnych, wysokotemperaturowych nadprzewodników opartych na związkach żelaza. Odbývają się w ramach wartego 40 milionów dolarów projektu na lata 2010–2014 „Exploration for Novel Superconductors and Related Materials, and Development of Superconducting Wires for Industrial Applications”. Laboratorium wyposażone jest w najwyższej klasy urządzenia do osadzania cienkich warstw materiałów przewodzących, dielektrycznych oraz półprzewodnikowych. Znajdują się tu również najnowsze stanowiska pomiarowe umożliwiające charakteryzację elektryczną, optyczną i mikrostrukturalną wytworzonych warstw oraz charakteryzację przyrządów wykonanych na podstawie badanych warstw. Profesorowie Hosono oraz Kamiya to nie tylko wybitni naukowcy, ale również świetni nauczyciele, którzy dodatkowo chętnie widzą w swoim zespole zagranicznych studentów z „otwartymi głowami”. TokyoTech to uczelnia otwarta na świat i chętnie przyjmująca obcokrajowców zarówno na studia, jak również na krótkie pobyty badawcze, staże, stypendia. Zależnie od tego, na jak długo i w jakim celu planuje się odwiedzić ToKoDai, są oferowane liczne programy wymiany studenckiej i stypendia naukowe.

Studiowanie i nauka w Japonii to doświadczenie wymagające dużo pracy, a niekiedy również samozaparcia (przykładowo, w moim laboratorium praca wre przez 7 dni w tygodniu), lecz dające wiele satysfakcji. Wszystkim ciekawym świata studentom i młodym naukowcom polecam pobyt naukowy w Kraju Kwitnącej Wiśni. Wyjazd taki pozwoli nie tylko poszerzyć swoją wiedzę i zdobyć nowe doświadczenia i umiejętności w pracy naukowej, ale również poznać – jakże inną od europejskiej – kulturę Japonii oraz nawiązać kontakty i przyjaźnie z ludźmi z całego świata.

Wszelkie informacje praktyczne można znaleźć na stronach internetowych

uczelni: <http://www.titech.ac.jp/english/>, Tokyo Institute of Technology International Student Center: <http://www.ryu.titech.ac.jp/english/>. Zainteresowanych wyjazdem do Japonii zapraszam również do mailowego kontaktu ze mną na adres: [grochowski.jakub@hotmail.com](mailto:grochowski.jakub@hotmail.com).

*Stypendia są współfinansowane przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.*

{ Magister inż. Jakub Grochowski – absolwent wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych. Już podczas studiów inżynierskich odbył staż w Instytucie Technologii Elektronowej w Warszawie, który zakończył się zatrudnieniem na stanowisku inżyniera, gdzie pracuje do dziś. Jeszcze przed podjęciem studiów doktoranckich był autorem i współautorem kilkunastu artykułów i wystąpień konferencyjnych. Jego praca naukowa skupia się na osadzaniu i charakteryzacji cienkich warstw przezroczystych amorficznych półprzewodników tlenkowych oraz badaniach parametrów tranzystorów wykonanych w oparciu o te materiały. Interesuje się również techniką światłowodową – otrzymał stypendium Fundacji na rzecz Nauki Polskiej w Programie Homing Plus na prace prowadzone nad światłowodowymi czujnikami gazów w ramach projektu dr. inż. Mateusza Śmietany „Nanocoated Optical Fiber Sensors for Biodiagnostics of Liquids”. Jest laureatem stypendium Centrum Studiów Zaawansowanych PW, w ramach którego odbył półroczny staż naukowy w Tokyo Institute of Technology w Japonii. }

# DrogowSKAz: kosmos

Studenckie Koło Astronautyczne (SKA) działa przy Politechnice Warszawskiej i od ponad 15 lat pomaga kształcić młodych ludzi pasjonujących się kosmonautyką. Studenci mają tu możliwość uczestniczenia w projektach organizowanych m.in. przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA) czy współpracy z doświadczonymi inżynierami z Centrum Badań Kosmicznych PAN. Od początku istnienia Koła jego członkowie stawiali na edukację, dzięki czemu mogli uczestniczyć w wielu projektach budowy satelitów ziemskich (YES 2, SSETI EXPRESS, ESEO), księżycowych (ESMO), łazików (Skarabeusz), małych rakiet (Amelia). Uczestniczyli też w projektowaniu eksperymentów kosmicznych (Kampanie Lotów Parabolicznych, projekt SCOPE 2.0 na kampanię BEXUS/REXUS). Ukoronowaniem zdobytej wiedzy i doświadczenia było zbudowanie pierwszego polskiego satelity PW-Sat, wystrzelonego 13 lutego 2012 roku na pokładzie rakiety Vega należącej do Europejskiej Agencji Kosmicznej.

Aktualnie SKA zrzesza ok. 50 studentów studiujących na różnych wydziałach Politechniki Warszawskiej m.in. na Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa, Mechatroniki, Elektroniki i Technik Informacyjnych, Elektrycznym, Inżynierii Produkcji. Dzięki temu mamy możliwość wymiany wiedzy i umiejętności pomiędzy członkami oraz tworzenia złożonych przedsięwzięć. Obecnie prowadzimy równoległe kilka projektów:

- PW-Sat 2 - kolejny satelita budowany w standardzie CubeSat (satelita o objętości ok. 2 litrów),
- Husar (Projekt ERIS) - łazik księżycowy na konkurs NASA Lunabotics Mining Competition,
- Robot głębinowy typu ROV (Projekt ERIS) - konstrukcja przystosowana do schodzenia na głębokość do 30 metrów z możliwością badania podstawowych parametrów wody i przesyłaniem obrazów video,
- H1 (Sekcja Rakietowa) - rakietka ponaddzwiękowa umożliwiająca wynoszenie eksperymentów w wyższe partie atmosfery,
- Sekcja Balonowa - zespół zajmujący się budową balonu stratosferycznego. Specjalnie zaprojektowana gondola ma pozwolić na wynoszenie eksperymentów do stratosfery.

Członkowie Koła odbywają szkolenia i staże w różnych oddziałach Europejskiej Agencji Kosmicznej oraz innych organizacjach czy firmach zajmujących się przemysłem kosmicznym. Wielu naszych absolwentów pracuje obecnie w Centrum Badań Kosmicznych PAN, Astri Polska czy Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów. W SKA duży nacisk kładziemy także na rozwój członków koła w zakresie tzw. umiejętności miękkich: organizujemy szkolenia z zarządzania czasem i projektami, używamy narzędzi do profesjonalnego planowania poszczególnych etapów projektów



i kontrolowania wykonanej już pracy. Dużo uwagi poświęcamy promocji kosmonautyki na piknikach naukowych, konferencjach, organizując wykłady dla dzieci. Staramy się zarazić naszą pasją innych i pokazać jak ważny jest rozwój przemysłu kosmicznego i nowych technologii w Polsce.

Studenckie Koło Astronautyczne brało udział w konsultacjach społecznych dotyczących wejścia Polski do Europejskiej Agencji Kosmicznej. Działalność naszego Koła zauważyło Ministerstwo Gospodarki - członkowie SKA zostali zaproszeni przez Wicepremiera i Ministra Gospodarki Waldemara Pawlaka na uroczystość podpisania umowy akcesyjnej pomiędzy Polską a ESA. Osiągnięcia SKA znalazły również uznanie w Ministerstwie Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

W listopadzie 2012 roku Polska po prawie 20 latach starań stała się członkiem Europejskiej Agencji Kosmicznej. Zgodnie z deklaracjami Rządu nasz kraj w roku 2013 wpłaci do budżetu ESA ponad 28 mln euro. Otwiera to przed nami zupełnie nowe możliwości. Jako studenci mamy szerszy dostęp do projektów edukacyjnych prowadzonych przez Agencję. Przystąpienie Polski do ESA ma duży wpływ na przyszłość członków i absolwentów SKA - mamy pełne prawa w staraniach o pracę w projektach i strukturach Agencji.

Składka członkowska wraca do naszego kraju w postaci konkretnych projektów i programów, w których uczestniczą instytucje naukowe i przedsiębiorstwa komercyjne. Rodzący się przemysł kosmiczny zgłasza zapotrzebowanie na osoby mające wiedzę z zakresu kosmonautyki i zaznajomione z procedurami ESA. Jest to nisza na rynku, którą świetnie wypełniamy, ponieważ nasze Koło jako jedyne w Polsce realizuje projekty kosmiczne w sposób zorganizowany i interdyscyplinarny.

↓ Członkowie Studenckiego Koła Astronautycznego



# Nauka na warsztatach

czyli o VII Warsztatach Naukowych Centrum Studiów Zaawansowanych PW

Już po raz siódmy odbyły się Warsztaty Naukowe CSZ. Wiosenne spotkanie miało miejsce w dniach 7-9 czerwca 2013 r. w ośrodku konferencyjnym Lipnik Park w Długosiodle. Tradycyjnie, do uczestnictwa w tym przedsięwzięciu zaproszono stypendystów CSZ, którzy zaprezentowali wyniki swoich projektów badawczych w formie prezentacji ustnych lub plakatów. Ponadto, nasze warsztaty swoją obecnością uświetnili goście specjalni: prof. Ewa Bartnik (Instytut Genetyki i Biotechnologii UW), prof. Małgorzata Kujawińska (W. Mechatroniki PW), Proroktor ds. Rozwoju PW profesor Stanisław Wincenciak, oraz prof. Piotr Wolański (W. Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa).

Warsztaty rozpoczął Dyrektor Centrum Studiów Zaawansowanych – prof. Stanisław Janeczko, wykładem zatytułowanym *Fascynacja rozumieniem*. Kolejnym punktem programu była sesja posterowa naszych stypendystów. Drugiego dnia warsztatów, uczestnicy mogli wysłuchać wykładu prof. Ewy Bartnik pt. *Genom ludzki i co dalej?* oraz serii referatów stypendystów CSZ, poświęconych prowadzonym przez nich badaniom naukowym.

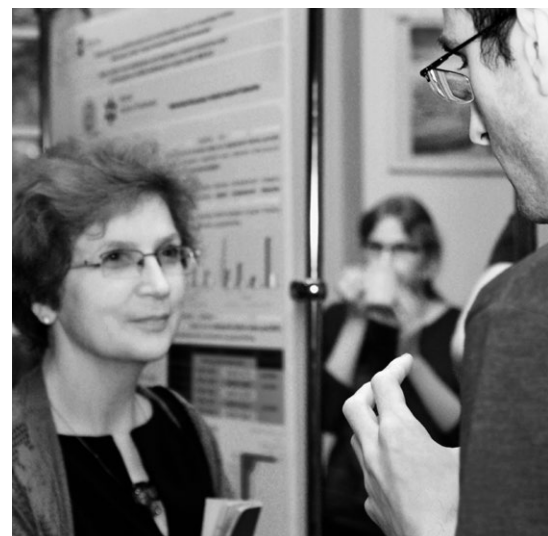
Dodatkowo Komitet Naukowy Warsztatów przeprowadził konkurs na najlepszą prezentację ustną i poster.

## LAUREACI KONKURSU W KATEGORII – NAJLEPSZA PREZENTACJA USTNA:

- miejsce I – **mgr inż. Małgorzata Janik**, *CERN, Wielki Zderzacz Hadronów i wszystko, co chcielibyście wiedzieć o fizyce cząstek, ale baliście się zapytać*, Wydział Fizyki PW;
- miejsce II – **mgr inż. Piotr Podziemski**, *Symulacje czynności elektrycznej przedsionka serca*, Wydział Fizyki PW;
- miejsce III – **mgr inż. Milena Zalewska**, *Ceramiczne tworzywa porowate przeznaczone do usuwania z wody cząstek imitujących wirusy*, Wydział Chemiczny PW.

## LAUREACI KONKURSU W KATEGORII – NAJLEPSZY POSTER:

- miejsce I – **mgr inż. Anna Kundys**, *Synteza biodegradowalnych kopolimerów blokowych laktyny katalizowana acetyloacetaniami metali o niskiej toksyczności*, Wydział Chemiczny PW;
- miejsce II – **mgr inż. Piotr Guńka**, *Oksoarseniany(III) amoniowe – trójpoziomowa budowa supramolekularna*, Wydział Chemiczny PW;
- miejsce III – **mgr inż. Katarzyna Ławniczuk**, *Fotoniczne nadajniki wieloczęstotliwościowe do zastosowań w optycznych sieciach dostępowych nowej*



↑ Profesor Małgorzata Kujawińska w czasie sesji plakatowej

*generacji*, Wydział Elektroniki i Techniki Informatycznych PW.

Wszystkim uczestnikom warsztatów dziękujemy za profesjonalnie przygotowane prezentacje i postery, owocne dyskusje oraz wyśmienitą atmosferę. Kolejne warsztaty odbędą się już 25-27 października 2013 r. w Pałacu Ossolińskich w Sterdyni. Weźmie w nich udział dwudziestu trzech stypendystów oraz zaproszeni goście.

*Anna Żubrowska*

↓ Uczestnicy VII Warsztatów Naukowych Centrum





↑ Goście w czasie uroczystości wręczenia listów gratulacyjnych stypendystom Centrum

## DZIAŁALNOŚĆ CENTRUM STUDIÓW ZAAWANSOWANYCH PW

### WIOSENNE KONKURSY NA NAUKOWE STYPENDIA WYJAZDOWE

Dnia 3 kwietnia 2013 r. ogłoszono uzupełniające konkursy na naukowe stypendia wyjazdowe dla doktorantów (CAS/31/POKL) i nauczycieli akademickich (CAS/32/POKL) Politechniki Warszawskiej. Spośród 34 wniosków, wsparcie na realizację projektów badawczych w ośrodkach zagranicznych otrzymało 10 doktorantów oraz 10 nauczycieli akademickich PW. Stypendia współfinansowane są przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

### NOWA KAPITUŁA MEDALU MŁODEGO UCZONEGO

Decyzją Rektora PW nr 068/2013 z dnia 24 kwietnia 2013 r. powołano Kapitułę Medalu Młodego Uczzonego na kadencję 2012–2016. W skład rady weszli: prof. dr hab. Franciszek Krok – przewodniczący, prof. dr hab. Stanisław Janeczko, prof. dr hab. inż. Leszek Adamowicz, prof. dr hab. inż. Roman Z. Morawski, prof. dr hab. inż. Andrzej Tylikowski. Medal Młodego Uczzonego ustanowiono z inicjatywy Centrum Studiów Zaawansowanych. Jest on przyznawany młodym naukowcom za wybitne osiągnięcia w dziedzinie nauki i innowacji technicznej oraz inne nieprzejętne osiągnięcia twórcze.

### RADA PROGRAMOWA CSZ W NOWYM SKŁADZIE

W dniu 3 czerwca 2013 r. odbyło się pierwsze posiedzenie Rady Programowej CSZ w nowym składzie,

powołanym decyzją Rektora PW 140/2012 z dnia 14 grudnia 2012 r. Głównym celem spotkania było zatwierdzenie Uczelnianej Oferty Studiów Zaawansowanych na rok akademicki 2013/2014. Oferta ta została odświeżona o nowe wykłady podstawowe i specjalne. Zajęcia cieszące się dużym zainteresowaniem wśród doktorantów PW pozostały w ofercie.

### UROCZYSTOŚĆ WRĘCZENIA LISTÓW GRATULACYJNYCH

W dniu 6 czerwca 2013 r., już po raz piąty odbyło się wręczenie listów gratulacyjnych stypendystom CSZ. Uroczystość została połączona z obchodami 5-lecia Centrum. Wręczenia listów gratulacyjnych laureatom konkursów, dokonał Prorektor ds. nauki prof. dr hab. Rajmund Bacewicz. Ponadto spotkanie uświetnił wykład prof. dr hab. inż. Małgorzaty Lewandowskiej z Wydziału Inżynierii Materiałowej PW, pt. *Perfekcyjne czy niedoskonałe? Wady, które są zaletami.*

### WIOSENNE WARSZTATY NAUKOWE

W dniach 7–9 czerwca 2013 r. w ośrodku konferencyjnym Lipnik Park miały miejsce siódme Warsztaty Naukowe CSZ. W wydarzeniu uczestniczyli stypendyści CSZ, jak również przedstawiciele wybitnej kadry naukowej warszawskich uczelni oraz władz Politechniki Warszawskiej. Stypendyści zaprezentowali swoje projekty badawcze w formie prezentacji ustnych oraz posterów. Wysłuchali również wykładów: *Fascynacja rozumieniem* prof. dr. hab. Stanisława

Janeczko oraz *Genom ludzki i co dalej?* prof. dr hab. Ewy Bartnik. (s. 27)

### KONWERSATORIUM PW

13 czerwca 2013 r. z odczytem zatytułowanym *Why do we sleep? Hypothesis and controversies* wystąpił profesor Peter Achermann z Institute of Pharmacology and Toxicology, University of Zurich, zajmujący się zagadnieniami związanymi ze snem i jego regulacją oraz schorzeniami neurologicznymi. W wykładzie zostały zaprezentowane ogólne kwestie związane ze snem. Rozmowa z Profesorem na temat badania snu na stronie 8.

### WYKŁADY PROFESORÓW WIZYTUJĄCYCH

W okresie maj – sierpień 2013 r. ogłoszono 48 godzin gościnnych wykładów w ramach wizyt profesorów zaproszonych przez CSZ. Wśród wybitnych gości znaleźli się:

- prof. Colin Sheppard, Italian Institute of Technology, Włochy;
- mgr inż. Kim Fowler, Electrical and Computer Engineering, Kansas State University, USA;
- dr Celia Fonseca Guerra, Department of Theoretical Chemistry, Vrije Universiteit, Holandia;
- prof. Grzegorz Rozenberg, Leiden University, Holandia; University of Colorado at Boulder, USA;
- prof. Peter Achermann, Institute of Pharmacology and Toxicology, University of Zurich, Szwajcaria;



↑ Profesor Małgorzata Lewandowska z Wydziału Inżynierii Materiałowej w trakcie wykładu specjalnego z okazji 5-lecia istnienia Centrum Studiów Zaawansowanych

→ prof. Shuichi Izumiya, Department of Mathematics, Faculty of Science, Hokkaido University, Japonia.

#### WYKŁADY UOSZ SEMESTR LETNI 2012/2013

W semestrze letnim 2012/2013 odbyło się siedem wykładów podstawowych oraz cztery wykłady specjalne. Wśród nowych pozycji oferty znalazły się wykłady: *My i nasze geny; nadzieje i obawy* prof. Ewy Bartnik, *Równania różniczkowe zwyczajne* prof. Tadeusza Rzeżuchowskiego oraz *Podstawy informatyki kwantowej: Aparat matematyczny i realizacje fizyczne* prof. Van Cao Longa.

#### WAKACYJNE PROGRAMY BADAWCZE 2013

W okresie lipiec - wrzesień 2013 r. były realizowane Wakacyjne Programy Badawcze skierowane do najlepszych studentów PW. Organizatorami przedsięwzięcia byli doktoranci PW, a zarazem stypendyści CSZ. Celem programu było zapoznanie studentów z praktyczną pracą naukową oraz pogłębienie ich zakresu wiedzy w danej tematyce. Ponadto studenci mogli wykazać się posiadanymi już zdolnościami i zdobyć doświadczenie niezbędne do rozwoju własnej kariery naukowej. Więcej na temat Programu i jego pomysłodawców można przeczytać na stronie 14.

#### PREZYDENT HOKKAIDO UNIVERSITY GOŚCIEM CENTRUM

W dniach 24-31 sierpnia 2013 r. gościem CSZ był prezydent Hokkaido University, prof. Keizo Yamaguchi. Hokkaido

University to japońska uczelnia z wieloletnią tradycją w zakresie działalności dydaktycznej i badawczej, skupiająca w swoich kręgach wybitne zespoły naukowe, jak również oferująca kształcenie na najwyższym światowym poziomie. W kolejnym numerze biuletynu będzie można przeczytać rozmowę z profesorem Keizo Yamaguchi.

#### WYSTAWA W CSZ

W sierpniu 2013 r. w siedzibie Centrum odbyło się otwarcie wystawy reprodukcji prac Utagaway (Andō) Hiroshige, wybitnego japońskiego malarza, grafika i twórcy techniki ukiyo-e. Przedmiotem ekspozycji była seria pt. *Fifty-three stages of the Tōkaidō*. Obrazy te powstały podczas pierwszej podróży malarza przez Tokaido w 1832 roku. Tokaido była najważniejszą z pięciu arterii (zwanych wspólnie Gokaidō), biegnącą w epoce Edo z miasta Edo (obecnie Tokio) do Kioto będącego siedzibą cesarza Japonii. Prace z tej serii zaliczane są do jednych z najśłynniejszych kompozycji artysty. Reprodukcje są prezentem od profesora Takua Fukudy z Nihon University w Tokio.

Wystawę zorganizowano w związku z przyjazdem do Centrum wybitnych, japońskich naukowców: prof. Keizo Yamaguchi oraz prof. Shuichi Izumiya.

#### KURS – AMSTERDAM DENSITY FUNCTIONAL PROGRAM

W dniach 23-26 września 2013 r. odbyło się szkolenie z zakresu oprogramowania *Amsterdam Density Functional Program*, zaliczanego do najczęściej

używanych programów w chemii obliczeniowej. Kurs, składający się z wykładów, jak i zajęć laboratoryjnych, poprowadzili goście Centrum Studiów Zaawansowanych: dr Celia Fonseca Guerra oraz prof. F. Matthias Bickelhaupt z Department of Theoretical Chemistry, Vrije Universiteit w Holandii. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że naukowcy ci brali udział w procesie tworzenia tego programu.

#### WYDAWNICTWA CSZ

W ramach wydawnictw CSZ ukazały się trzy nowe pozycje: pierwszy numer serii Lecture Notes - nauki techniczne pt. *Topology synthesis for parallel robotic mechanisms* autorstwa prof. Fenga Gao i dr. Jialuna Yanga, siódmy już numer serii Lecture Notes - nauki ścisłe pt. *Metody numeryczne w zagadnieniach niestabilnych* autorstwa prof. Teresy Regińskiej oraz drugi numer CAS TEXTBOOKS pt. *Metody geometryczne* autorstwa prof. Michała Szurka. Książki wydawane przez CSZ można zakupić w Księgarni Akademickiej Oficyny Wydawniczej Politechniki Warszawskiej, ul. Noakowskiego 18/20. Do końca sierpnia 2013 sprzedano 229 pozycji.

#### PLANY

##### WYKŁADY UOSZ 2013/2014

Z początkiem października rusza Uczelniana Oferta Studiów Zaawansowanych PW na rok akademicki 2013/2014. Warto uważnie ją prześledzić, ponieważ przygotowaliśmy wiele zupełnie nowych tytułów. W semestrze zimowym zaplanowano sześć wykładów podstawowych oraz cztery wykłady specjalne. Nowymi propozycjami będą wykłady: *Geometria różniczkowa jako narzędzie nauk przyrodniczych, cz. 1* prof. Jerzego Kijowskiego z Centrum Fizyki Teoretycznej PAN; *Jak działa wszechświat* prof. Marka Demiańskiego z Uniwersytetu Warszawskiego; *Rezonans Magnetyczny w zastosowaniach biomedycznych* prowadzony przez badacza z Politechniki Warszawskiej oraz Instytutu Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej PAN; *Filozofia umysłu, poznania i działania: wybrane zagadnienia* dr. Tadeusza Ciecierskiego z Uniwersytetu Warszawskiego; *Kosmonautyka* prof. Piotra Wolańskiego. W semestrze letnim odbędzie się siedem wykładów podstawowych - w tym cztery zupełnie nowe tytuły - oraz sześć wykładów specjalnych, w tym dwa nowe tytuły. (s. 32)

## KONWERSATORIUM

24 października 2013 r. zaplanowano odczyt z zakresu matematyki z serii Konwersatorium PW pt. *From Doctor Zhivago to the Riemann Hypothesis* profesora Francka Leprévost z Uniwersytetu w Luksemburgu.

## SZKOLENIA DLA DOKTORANTÓW

W październiku i listopadzie br. doktoranci PW po raz kolejny będą mieli okazję wziąć udział w szkoleniach z zakresu efektywnych technik zarządzania informacją oraz komunikacji interpersonalnej i kreowania wizerunku. Szczegółowe informacje na bieżąco będą się ukazywały na stronie [www.csz.pw.edu.pl](http://www.csz.pw.edu.pl).

## JESIENNE WARSZTATY NAUKOWE

W październiku 2013 r. odbędą się ósme warsztaty naukowe Centrum Studiów Zaawansowanych. Weźmie w nich udział dwudziestu trzech stypendystów oraz zaproszeni goście. Szczegółowe informacje dotyczące organizowanych przez CSZ warsztatów i konferencji można znaleźć na stronie <http://www.csz.pw.edu.pl/index.php/warsztaty-csz>.

## KONKURSY NA NAUKOWE STYPENDIA WYJAZDOWE

Ostatnia, szósta edycja konkursów na naukowe stypendia wyjazdowe dla doktorantów i nauczycieli

akademickich PW zostanie ogłoszona na początku listopada 2013 r. Z uwagi na ograniczenia związane z zakończeniem Projektu, wyjazdy w ramach tych konkursów muszą zakończyć się w 2014 roku. Szczegółowe informacje ukażą się w ogłoszeniu konkursowym publikowanym na stronie Centrum oraz przesyłanym na wydziały PW.

## WYDAWNICTWA CSZ

Na przełomie października i listopada ukaże się piąty numer Newslettera. Ponadto w ramach Lecture Notes - nauki ścisłe, jest przygotowywana kolejna książka, autorstwa prof. Jonathan D. H. Smitha, pt. *On the mathematical modeling of complex systems*. Planowany termin wydania książki to listopad 2013 r.

## TOPTECHNIKA

W listopadzie br. CSZ rozpoczyna nowy cykl spotkań i odczytów zatytułowany *Topotechnika*. Przedsięwzięcie to jest organizowane we współpracy z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju. W ramach spotkań przewidziano odczyty przedstawicieli renomowanych instytucji i firm oraz wystawę efektów naukowych w danej dziedzinie technicznej.

## WARSZTATY CSZ I KRAJOWEGO FUNDUSZU NA RZECZ DZIECI

W dniach 13-15 grudnia 2013 r. planowane są kolejne, czwarte już, warsztaty

matematyczne organizowane przez CSZ wspólnie z Krajowym Funduszem na rzecz Dzieci, tym razem poświęcone kombinatoryce. Uczestnikami będą najzdolniejsi uczniowie klasy III gimnazjum z całej Polski - podopieczni Funduszu; spodziewamy się ok. 25 osób. W trakcie 2,5 dnia zajęć odbędzie się ok. 10 wykładów, w planie są także atrakcje pozamatematyczne.

## SPOTKANIA W CSZ

W ramach spotkań „Ponad Pokoleniami” młodych adeptów nauki z wybitnymi badaczami, Centrum planuje zaprosić znakomitą osobowość naukową, prof. Krzysztofa Maurina z Uniwersytetu Warszawskiego. Profesor jest emerytowanym wykładawcą matematyki, a także filozofem i teologiem. Zajmuje się teorią reprezentacji grup, która współcześnie jest centralną i unifikującą teorią matematyczną.

## ACADEMIA SCIENTIARUM PRINCIPALIAM – wykłady otwarte dla młodzieży

W roku akademickim 2013/2014 planujemy kontynuować tradycję ogólnodostępnych wykładów z matematyki (i nie tylko!) dla licealistów, studentów pierwszych lat studiów, nauczycieli i wszystkich innych zainteresowanych. W ramach każdej popołudniowej sesji przewidujemy, jak zwykle, trzy 45-minutowe odczyty oraz mnóstwo ciasteczek w czasie przerw.

Pierwsze spotkanie odbędzie się we czwartek, 14 listopada 2013 r., w godzinach 16:30-19:30 w sali 107 Wydziału Matematyki i Nauk Informatycznych PW (ul. Koszykowa 75). W programie wykłady z matematyki i informatyki:

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

Zapraszamy! Plakat o najbliższej sesji oraz szczegóły dotyczące kolejnych, które odbędą się już w roku 2014, będziemy publikować na stronie [www.csz.pw.edu.pl](http://www.csz.pw.edu.pl), w dziale „Dla uczniów i studentów lat I-III”.

*Ilona Sadowska  
Anna Żubrowska*



↑ Profesor Rajmund Bacewicz, Prorektor ds. Nauki PW, w trakcie wręczania listów gratulacyjnych stypendystom Centrum

## WYDAWNICTWA CENTRUM STUDIÓW ZAAWANSOWANYCH

CAS Lecture Notes i CAS Textbooks to pozycje znajdujące się w ofercie wydawniczej Centrum Studiów Zaawansowanych. Powstają dzięki współpracy ze znakomitymi wykładowcami Uczelnianej Oferty Studiów Zaawansowanych oraz z profesorami wizytującymi w ramach programu stypendialnego realizowanego przez Centrum.

CAS Lecture Notes i CAS Textbooks dzielą się na serie: nauki ścisłe, nauki humanistyczne, nauki przyrodnicze oraz nauki techniczne.

### CAS Lecture Notes / nauki ścisłe:

- Mirosław Karpierz „Podstawy fotoniki”.
- Władysław Homenda „Algorytmy, złożoność obliczeniowa, granice obliczalności”.

- Zbigniew Lonc „Wstęp do algorytmicznej teorii grafów”.
- Jonathan Blackledge „The Fractal Market Hypothesis: Applications to Financial Forecasting”.
- Ryszard Zieliński „Statystyka matematyczna stosowana. Elementy”.
- Witold Prószyński „Odporność wewnętrzna modeli liniowych na zaburzenia w danych obserwacyjnych – obserwacje nieskorelowane i skorelowane”.
- Teresa Regińska „Metody numeryczne w zagadnieniach niestabilnych”.
- Jonathan D. H. Smith „On the Mathematical Modeling of Complex Systems”.

### CAS Lecture Notes / nauki techniczne:

- Feng Gao, Jialun Yang „Topology synthesis for parallel robotic mechanisms”.

### CAS Textbooks / nauki ścisłe:

- Jonathan Blackledge „Cryptography and Steganography: New Algorithms and Applications”
- Michał Szurek „Metody geometryczne”.

W przygotowaniu są kolejne numery serii. Zapraszamy do śledzenia naszej oferty wydawniczej na stronie internetowej: <http://www.csz.pw.edu.pl/index.php/wydawnictwa>.

Książki z serii CAS Lecture Notes oraz CAS Textbooks można nabyć w księgarni Oficyny Wydawniczej Politechniki Warszawskiej.



Celem Uczelnianej Oferty Studiów Zaawansowanych jest poszerzanie 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 Piela (UW)\* ❁
- Geometria różniczkowa jako narzędzie nauk przyrodniczych, cz. 1 – prof. Jerzy Kijowski (Centrum Fizyki Teoretycznej PAN)\* ❁
- Kosmonautyka – prof. Piotr Wolański (PW)\* ❁
- Analiza zespolona z elementami transformacji całkowych – doc. dr Marian Majchrowski (PW)\* ❁
- My i nasze geny; nadzieje i obawy – prof. Ewa Bartnik (UW)\* ❁
- Równania różniczkowe zwykłe – 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)\* ❁
- Teoria katastrof – prof. Stanisław Janeczko (PW) ❁
- Geometria różniczkowa jako narzędzie nauk przyrodniczych, cz. 2 – prof. Jerzy Kijowski (Centrum Fizyki Teoretycznej PAN)\* ❁

wykłady specjalne  
(15 h)

- Building Information Modeling (BIM) – mgr inż. arch. Piotr Bujak (WIL PW), dr inż. Kinga Zinowiec-Cieplik (WA PW), prof. nzw. dr hab. inż. Andrzej Kulig (WIŚ PW), dr inż. Michał Pawlaczyk (Schreder Polska, WE PW), dr inż. arch. Jan Stryk (WA PW), prof. dr hab. arch. Elżbieta D. Ryńska (WA PW), prof. dr hab. inż. arch. Krystyna Guranowska-Gruszecka (WA PW), dr hab. inż. Dariusz Gotlib (WGiK PW) ❁
- Jak działa Wszechświat? – prof. Marek Demiański (UW)\* ❁
- Rezonans magnetyczny w zastosowaniach biomedycznych (30 godz.) – dr hab. inż. Piotr Bogorodzki, dr inż. Ewa Piątkowska-Janko, mgr inż. Wojciech Obrębski, dr inż. Błażej Sawionek, 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 – prof. Piotr Girdwoyń, prof. Ewa Bulska, dr Barbara Wagner, dr hab. Andrzej Witowski, dr hab. Andrzej Wysmołek, dr Jolanta Borysiuk (Centrum Nauk Sądowych UW)\* ❁
- Charakterystyka materiałów inżynierskich – prof. Zbigniew Pakieta (PW) ❁
- Zaawansowane techniki badawcze do charakterystyki mikrostruktury i właściwości materiałów – prof. Małgorzata Lewandowska, prof. Jarosław Mizerski, prof. Krzysztof Sikorski, dr hab. inż. Zbigniew Pakieta, dr inż. Wojciech Świąszkowski, dr inż. Wojciech Spychalski (PW) ❁
- Podstawy informatyki kwantowej: Aparat matematyczny i realizacje fizyczne – prof. Van Cao Long (Instytut Fizyki Uniwersytetu Zielonogórskiego)\* ❁
- Świat fotonów: Podstawy fizyczne optyki kwantowej – prof. Kazimierz Regiński (Instytut Technologii Elektronowej)\* ❁
- Modelowanie numeryczne w fizyce atmosfery – prof. Lech Łobocki (PW)\* ❁

*Lista wykładów specjalnych może być 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*  
<http://www.konwersatorium.pw.edu.pl/oferta/>

Biuletyn Centrum Studiów Zaawansowanych „Profundere Scientiam”  
Pl. Politechniki 1, p. 154, 00-661 Warszawa; e-mail: [csz@csz.pw.edu.pl](mailto:csz@csz.pw.edu.pl)

Zespół redakcyjny: Małgorzata Zielińska – redaktor naczelna, Aleksandra Burzyńska, Joanna Jaszuska, Ilona Sadowska, Ewa Stefaniak, Anna Żubrowska | Opieka merytoryczna: prof. Stanisław Janeczko  
Projekt graficzny: Emilia Bojańczyk / Podpunkt | Skład: Podpunkt