tom 62 zeszyt 3 rok 2011 nr indeksu 369721 cena 12 zł (5% VAT)

POSTĘPY FIZYKI

Dwumiesięcznik Polskiego Towarzystwa Fizycznego

Grafeny

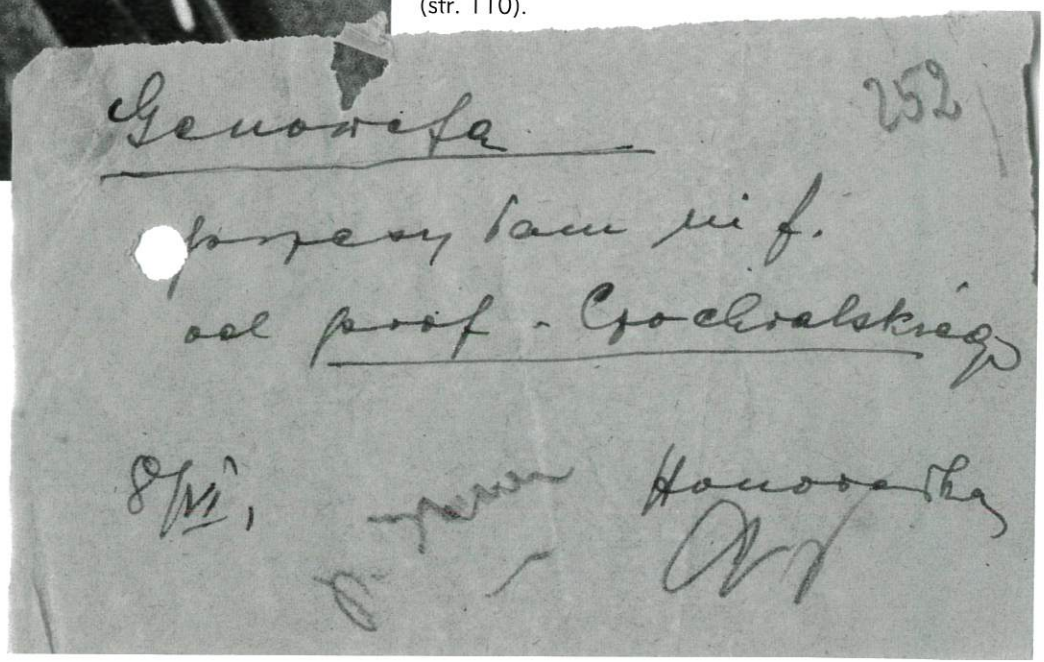
Kosmologia – kres możliwości fizyki

Jan Czochralski

Źródła wewnętrzne matematyki

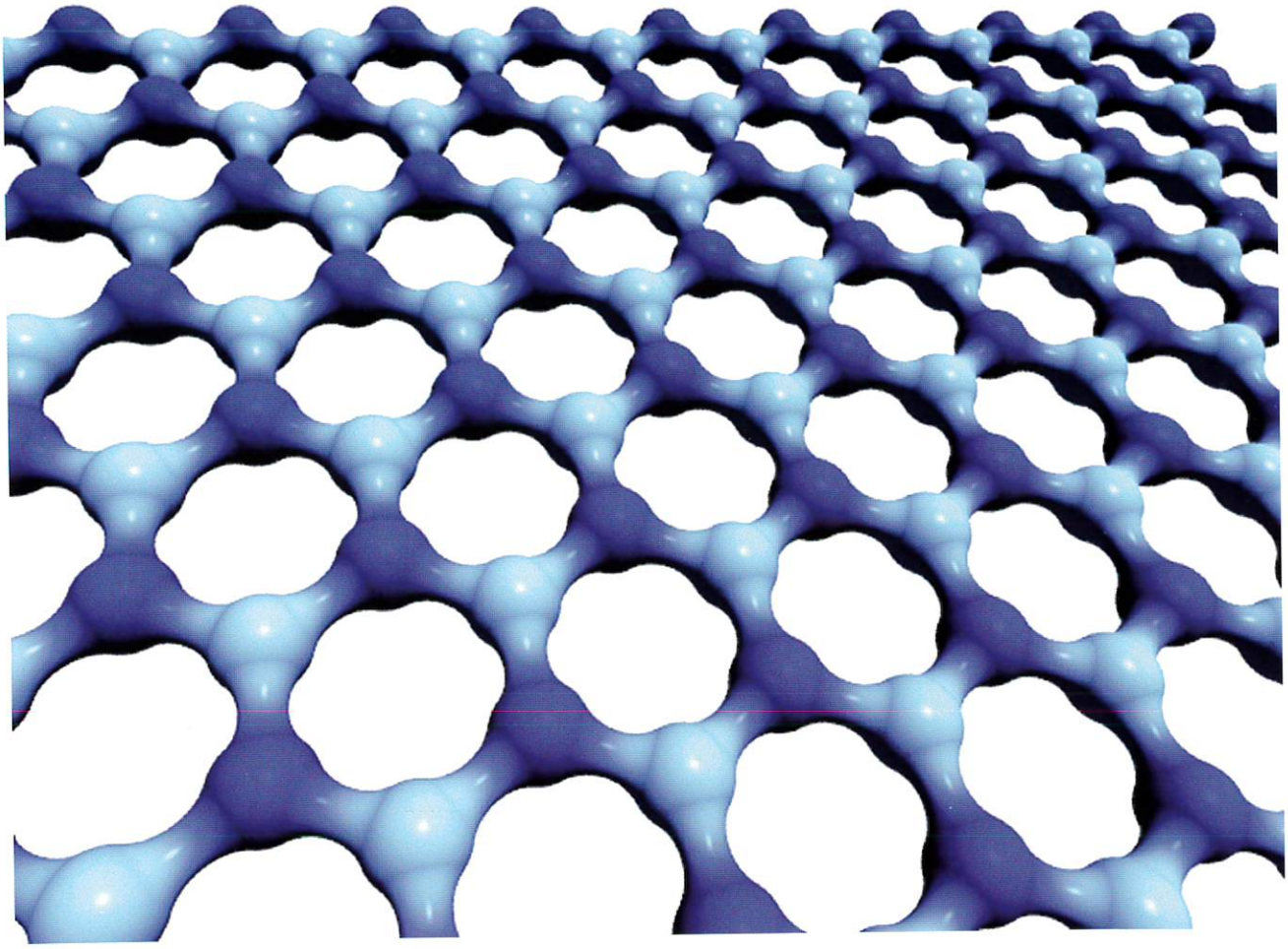
Zenonas Rokus Rudzikas

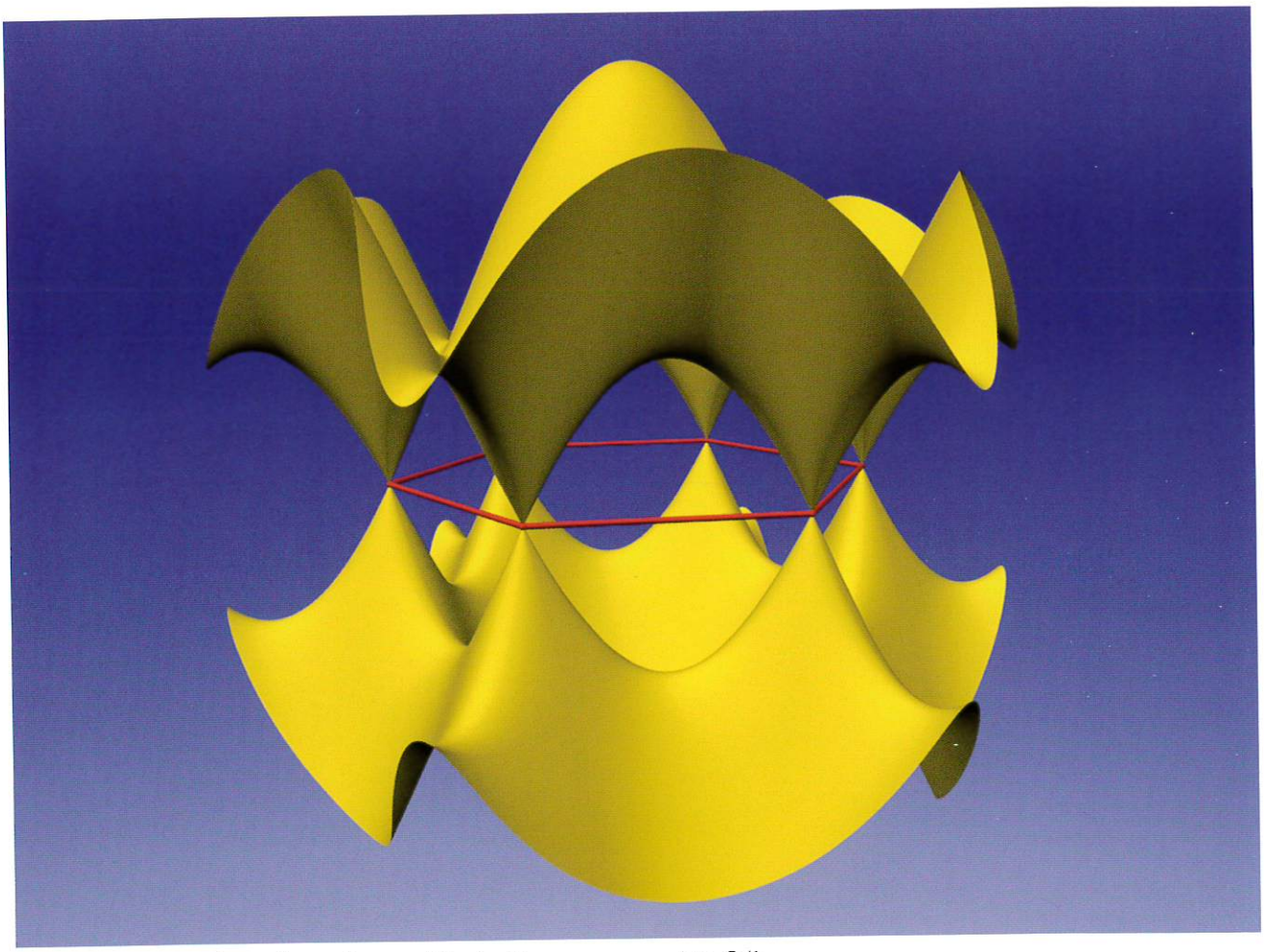
Jan Czochralski oraz liścik przesłany między komórkami AK „…*przesyłam inf. od prof. Czochralskiego…*" (str. 110).



POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE
SOCIETAS PHYSICORUM POLONIAE
Experimento et meme
1920

ISSN 0032-5430





Grafen – góra: struktura krystaliczna, dół: struktura pasmowa (str. 94)

RADA REDAKCYJNA
Andrzej Kajetan Wróblewski (przewodniczący), Mieczysław Budzyński, Andrzej Dobek, Witold Dobrowolski, Zofia Gołąb-Meyer, Józef Szudy

REDAKTOR HONOROWY
Adam Sobiczewski

KOMITET REDAKCYJNY
Jerzy Warczewski (redaktor naczelny), Maria Matlak (sekretarz redakcji), Michał Matlak, Magdalena Staszel

Adres Redakcji:
Instytut Fizyki UŚ, ul. Uniwersytecka 4, 40-007 Katowice,
e-mail: postepy@fuw.edu.pl oraz jerzy.warczewski@us.edu.pl
Internet: postepy.fuw.edu.pl

KORESPONDENCI ODDZIAŁÓW PTF
Anna Go (Białystok), Aleksandra Wronkowska (Bydgoszcz), Wojciech Gruhn (Częstochowa), Tomasz Jarosław Wąsowicz (Gdańsk), Roman Bukowski (Gliwice), Beata Kozłowska (Katowice), Aldona Kubala-Kukuś (Kielce), Małgorzata Nowina Konopka (Kraków), Elżbieta Jartych (Lublin), Michał Szanecki (Łódź), Halina Pięta (Opole), Maria Połomska (Poznań), Małgorzata Pociask (Rzeszów), Małgorzata Kuzio (Słupsk), Janusz Typek (Szczecin), Winicjusz Drozdowski (Toruń), Aleksandra Miłosz (Warszawa), Bernard Jancewicz (Wrocław), Joanna Borgensztajn (Zielona Góra)

POLSKIE TOWARZYSTWO FIZYCZNE

ZARZĄD GŁÓWNY
Wiesław A. Kamiński (prezes), Bohdan Grządkowski (sekretarz generalny), Kazimierz Piotrowski (skarbnik), Mariusz Dąbrowski, Jacek Przemysław Goc, Zofia Gołąb-Meyer i Jerzy Warczewski (członkowie wykonawczy), Jacek Mściwój Baranowski, Maria Dobkowska, Henryk Figiel, Bernard Jancewicz, Stefan Kruszewski, Andrzej Ślebarski, Andrzej Zięba i Elżbieta Zipper (członkowie)

Adres Zarządu:
ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa, tel./fax: 22-6212668,
e-mail: ptf@fuw.edu.pl, Internet: ptf.fuw.edu.pl

PRZEWODNICZĄCY ODDZIAŁÓW PTF
Krzysztof Szymański (Białystok), Stefan Kruszewski (Bydgoszcz), Ewa Mandowska (Częstochowa), Bolesław Augustyniak (Gdańsk), Jacek Mazur (Gliwice), Wiktor Zipper (Katowice), Małgorzata Wysocka-Kunisz (Kielce), Wojciech Gawlik (Kraków), Jerzy Żuk (Lublin), Tadeusz Wibig (Łódź), Stanisław Waga (Opole), Roman Świetlik (Poznań), Marian Kuźma (Rzeszów), Vlodimir Tomin (Słupsk), Mariusz P. Dąbrowski (Szczecin), Janusz Szatkowski (Toruń), Mirosław Karpierz (Warszawa), Bernard Jancewicz (Wrocław), Marian Olszowy (Zielona Góra)

REDAKTORZY NACZELNI INNYCH CZASOPISM WYDAWANYCH POD EGIDĄ PTF
Witold D. Dobrowolski – Acta Physica Polonica A, Michał Praszałowicz – Acta Physica Polonica B, Andrzej Jamiołkowski – Reports on Mathematical Physics, Marek Kordos – Delta, Zofia Gołąb-Meyer – Foton, Zbigniew Wiśniewski (redaktor prowadzący) – Fizyka w Szkole

Czasopismo ukazuje się od 1949 roku.
Wydawca: Polskie Towarzystwo Fizyczne
Dofinansowanie: Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
Patronat: Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego oraz Instytut Fizyki Uniwersytetu Śląskiego

Skład komputerowy, opracowanie okładki: Jolanta Kasperek
Druk i oprawa: Drukarnia Archidiecezjalna, ul Wita Stwosza 11
40-042 Katowice, tel. 32 251 38 80, www.drukarch.com.pl
Nakład: 700 egzemplarzy
ISSN 0032-5430

SPIS TREŚCI

A. Wysmołek, J. Tworzydło, A. Drabińska – Dlaczego grafen? Nagroda Nobla 2010 94
KRONIKA ..... 103 i 120
Z. Jacyna-Onyszkiewicz – Kosmologia – kres możliwości fizyki 104
P.E. Tomaszewski – 66 lat niesłusznej infamii Jana Czochralskiego 110
J. Mioduszewski – Źródła wewnętrzne matematyki 117
L. Smentek – Pożegnanie Zenonasa Rokusa Rudzikasa . 121
M. Heller – Między fizyką a matematyką 128
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI 130
M. Nowina Konopka – Zmienne losy wystawy 136

Drodzy Czytelnicy!

Niniejszy zeszyt Postępów Fizyki zawiera szereg artykułów naukowych, wspomnienia, opisy konferencji, opis wystawy, kroniki oraz różne drobne informacje. Andrzej Wysmołek, Jakub Tworzydło i Aneta Drabińska opisują badania nad grafenem – odmianą alotropową węgla o dwuwymiarowej, tj. płaskiej strukturze krystalicznej przypominającej plaster miodu i mającej grubość jednego atomu. Za pionierskie badania nad grafenem dwaj uczeni z Uniwersytetu w Manchester otrzymali w ubiegłym roku Nagrodę Nobla porywając „cały świat", w tym także uczonych warszawskich, do badań nad niezwykłymi właściwościami tych materiałów, wymagających opisu w fundamentalnych kategoriach mechaniki kwantowej i teorii względności i wróżących ogromne możliwości zastosowań przede wszystkim w elektronice. Zbigniew Jacyna-Onyszkiewicz przyjmując, że poza wszechświatem nie ma żadnej realności fizycznej, przedstawia kosmologię, czyli naukę zajmującą się badaniem wszechświata, jako kres możliwości badań fizycznych. Z punktu widzenia naszej Galaktyki (Drogi Mlecznej) – małej kropeczki na tle całego wszechświata Autor snuje rozważania ekstrapolacyjne zarówno czasowe, jak i przestrzenne, i dochodzi do wniosków fundamentalnych w dziedzinie fizyki i filozofii. Wnioski te pokazują, że w tych kosmicznych czasoprzestrzennych odległościach jak gdyby zaciera się granica między tymi dwiema dziedzinami. Paweł E. Tomaszewski przedstawia odnalezione w czerwcu tego roku sensacyjne dokumenty ostatecznie dowodzące, że Jan Czochralski w czasie wojny nie współpracował z Gestapo, jak go pomawiano po wojnie, lecz z Armią Krajową, a więc był on nie tylko wielkim uczonym, lecz także Wielkim Polakiem. Czytając ze wzruszeniem meldunek dla AK oparty na informacjach od prof. Czochralskiego (Ryc. 1, str. 111) odczuwam także swoistą redaktorską „Schadenfreude", że wtedy ludzie umieli prawidłowo pisać po polsku, np.„...odnośnie do wielkich zakładów..." (linia 3 od dołu), a teraz co drugi Polak napisałby błędnie bez tego „do", popełniając w ten sposób rusycyzm. Autor przedstawia również życiorys naukowy Czochralskiego, z którego jasno wynika, że ten ostatni powinien był dostać Nagrodę Nobla przede wszystkim za swoją słynną metodę otrzymywania monokryształów, ale ze względu na jego infamię nikt nie mógł wystąpić z takim wnioskiem. Jerzy Mioduszewski wychodząc z samej głębi matematyki i filozofii przedstawia rozważania prowadzące do wniosku, że liczba może być rozumiana jako coś, co nie zależy od zjawisk takich, jak przestrzeń i czas, i że jest wytworem „świata naszych myśli", a zatem wytworem samej matematyki, wbudowanej w nas wewnętrznie. Lidia Smentek w swoim eseju żegna wielkiego uczonego i Wielkiego Człowieka Zenonasa Rokusa Rudzikasa fizyka litewskiego, który zmarł nagle 8 czerwca 2011 roku w swoim ukochanym Wilnie. Michał Heller w swoim eseju na temat książki Leszka M. Sokołowskiego „Elementy analizy tensorowej" podkreśla, iż autor dostrzega, że każda technika rachunkowa jest głęboko zakorzeniona w bogatych strukturach matematycznych. Obrazu dopełniają pewne uwagi na temat relacji między geometrią a fizyką. Robert Bryl, Winicjusz Drozdowski i Tomasz J. Wąsowicz przedstawiają relacje z konferencji, Małgorzata Nowina Konopka przedstawia relację z krakowskiej wystawy na jubileusz PTF, Magda Staszel zaś przedstawia kroniki. A teraz czas na refleksję: Fizyka bez historii fizyki i bez filozofii przyrody byłaby podwójnie zubożona.

Jerzy Warczewski

Dlaczego grafen? Nagroda Nobla 2010

Andrzej Wysmołek, Jakub Tworzydło, Aneta Drabińska
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, ul. Hoża 69, 00-681 Warszawa

Streszczenie: Węgiel jest jednym z najbardziej intrygujących pierwiastków w układzie okresowym. Występuje w szeregu form alotropowych, z których niektóre, takie jak diament czy grafit, znane były od starożytności, inne, takie jak fulereny czy nanorurki węglowe, odkryto pod koniec XX wieku. W ubiegłym roku Nagroda Nobla z fizyki została przyznana dwóm naukowcom Uniwersytetu w Manchesterze za badania nad grafenem – dwuwymiarową, płaską formą węgla, o grubości jednego atomu, tworzącą kryształ o strukturze plastra miodu. Dlaczego grafen jest tak interesujący? W tym artykule próbujemy odpowiedzieć na to pytanie prezentując najbardziej intrygujące właściwości tego materiału poprzez pryzmat badań prowadzonych w Warszawie.

Why graphene? Nobel Prize 2010

Abstract: Carbon is one of the most intriguing elements in the Periodic Table. There are several allotropes of carbon of which diamond or graphite are known since ancient times. Others, like fullerenes, carbon nanotubes were discovered in the end of XX century. Last year, Nobel Prize in Physics was awarded to two scientists from Manchester University for experiments regarding graphene as new one-atom-thick, two-dimensional, flat form with atoms packed in a honeycomb crystal lattice. Why graphene is so special? In this article we try to answer this question presenting the most intriguing properties of this material from the point of view of studies conducted in Warsaw.

Węgiel jest jednym z najbardziej intrygujących pierwiastków w układzie okresowym. Zdolność do formowania niezwykle skomplikowanych łańcuchów [1] jest fundamentem chemii organicznej i podstawą pojawienia się życia na ziemi. Węgiel nawet w swojej pierwiastkowej postaci występuje w szeregu form alotropowych, z których niektóre, takie jak diament czy grafit, znane były od starożytności. Inne, takie jak fulereny [2, 3, 4] czy nanorurki [5], odkryte zostały w ostatnich dekadach dwudziestego wieku. Zupełnie niedawno, bo w 2004 r., wybuchło zainteresowanie kolejną formą węgla – grafenem.

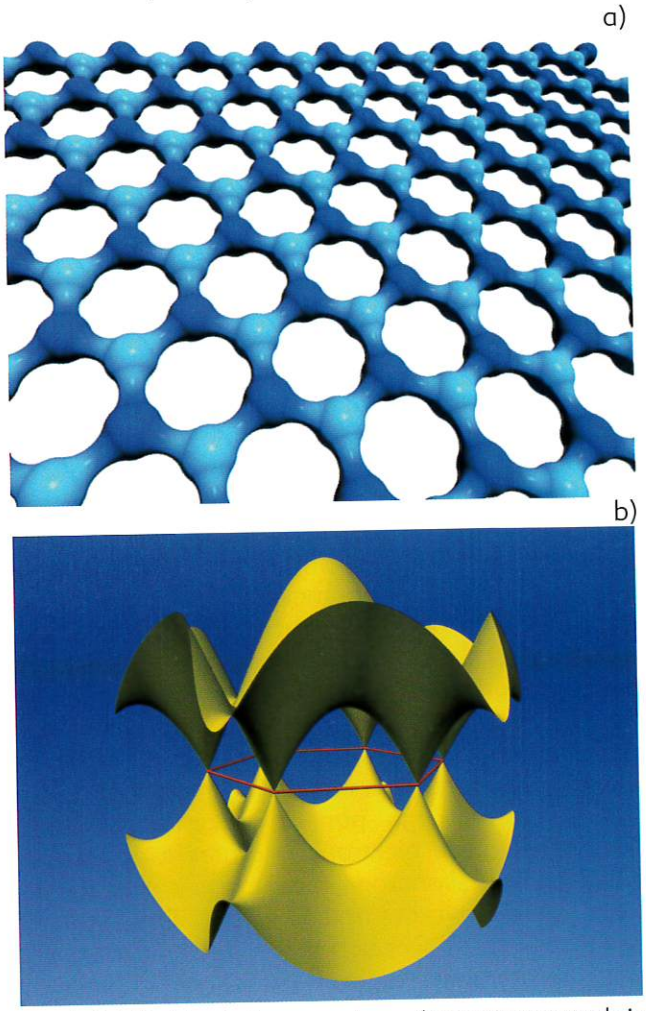
Grafen jako płaska, jednoatomowa warstwa węglowa o heksagonalnym ułożeniu znana było od wielu lat jako podstawowy budulec grafitu. Żeby więc opisać teoretycznie grafit, próbowano najpierw opisać grafen. Już w 1947 roku Wallace wyznaczył strukturę pasmową grafenu z charakterystyczną liniową dyspersją pasm [6]. Jednak wtedy nie przyszło mu do głowy szukać analogii do fizyki relatywistycznej, równań Diraca dla bezmasowych fermionów – on próbował opisać zależność temperaturową przewodnictwa elektrycznego krystalicznego grafitu od temperatury. Pod względem dokładności wyznaczenia struktury pasmowej najnowsze prace teoretyczne są znacznie dokładniejsze, ale nie wnoszą do tematu nic spektakularnego [7]. Myliłby się ten, kto twierdziłby, że grafen po raz pierwszy uzyskano w 2004 roku. Pierwsze doniesienie o wytworzeniu grafenu datuje się bowiem na rok 1975, kiedy to van Bommel ze współpracownikami z laboratorium Philipsa w Holandii, stwierdzili obecność monoatomowej warstwy węgla, o heksagonalnym ułożeniu atomów, czyli grafenu, na powierzchni wygrzewanego w wysokiej temperaturze węglika krzemu [8]. Niestety, badacze nie zaciekawili się tym osiągnięciem i trzeba było czekać aż do roku 2004, kiedy to dwóch fizyków z Uniwersytetu w Manchester w Wielkiej Brytanii do uzyskania grafenu użyło

grafitu i taśmy klejącej [9]. Za badania zapoczątkowane tym eksperymentem, w 2010 roku Andrej Geim i Konstantin Novoselov uzyskali Nagrodę Nobla. Można w tym momencie zapytać, jak w dobie nowoczesnych technologii jest możliwe, żeby eksperyment na miarę Nagrody Nobla wykonać przy użyciu taśmy klejącej? Wydaje się, że taśma klejąca schodzi tu na drugi plan. Pierwszoplanowy jest bowiem pomysł, który przyszedł do głowy tym dwóm naukowcom. Metoda odrywania warstw grafitowych przy użyciu taśmy klejącej stosowana była od lat przez naukowców posługujących się skaningowym mikroskopem tunelowym (STM). Uzyskiwali oni w ten sposób dostęp do czystej powierzchni grafitu. Jeśli udawało im się uzyskać obraz powierzchni o atomowej rozdzielczości, to byli pewni, że mogą prowadzić dalsze badania. Oderwane warstwy grafitowe przyklejone do taśmy lądowały w koszu! W tym momencie ujawnia się pomysłowość na miarę Nagrody Nobla. Geim i Novoselov zainteresowali się tym, co do tej pory było wyrzucane na śmietnik! Skojarzyli, że skoro taśma klejąca odrywa od siebie warstwy grafitu, to wielokrotnie przyklejając taśmę można rozdzielać warstwy aż do momentu, gdy na powierzchni taśmy pozostanie pojedyncza warstwa węglowa, czyli grafen. Ta strategia przyniosła sukces, a wynik doświadczalny był zaskoczeniem dla środowiska naukowego fizyków, gdyż był sprzeczny z przewidywaniami teoretycznymi, które wykluczały istnienie swobodnych, termodynamicznie stabilnych dwuwymiarowych kryształów [10].

Po entuzjastycznym doniesieniu o tym, że udało się uzyskać płaską, pojedynczą warstwę węglową [9], zaczęły się badania własności tego nowego materiału i już rok później w magazynie Nature pojawiło się potwierdzenie jego unikatowych własności [11]. Pierwsze otrzymane płatki grafenu były stosunkowo małe, o wymiarach około kilku-kilkudziesięciu mikrometrów. Ich jakość była jednakże wystarczająca do przeprowadzenia szeregu pomiarów transportowych i magnetooptycznych, które wykazały, że elektrony w grafenie zachowują się tak, jak bezmasowe fermiony Diraca, charakteryzujące się anomalnym kwantowym zjawiskiem Halla [11, 12]. Okazało się też, że transport nośników w grafenie ma charakter balistyczny [9]. Te wstępne wyniki od razu sugerowały, że grafen jest obiecującym kandydatem na przyszłe zastosowania w elektronice, takie jak np. balistyczne tranzystory polowe. Jednakże, takie zastosowania wymagają otrzymywania grafenu na dużych powierzchniach, tak by nadawał się on do technik litografii elektronowej. Jedną z bardzo obiecujących metod, która może spełnić ten warunek, jest otrzymywanie grafenu przy użyciu metody sublimacji krzemu z węglika krzemu (SiC). Ta technika otrzymywania grafenu została zapoczątkowana już w 2004 r. w Georgia Institute of Technology w USA [13]. W roku 2007 badania nad otrzymywaniem grafenu metodą sublimacji krzemu na politypach 6HSiC i 4HSiC zostały rozpoczęte w Instytucie Technologii Materiałów Elektronicznych w Warszawie we współpracy z Instytutem Fizyki Doświadczalnej na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego.

Struktura pasmowa grafenu

Struktura krystaliczna grafenu, charakteryzująca się ułożeniem atomów w tzw. „plaster miodu" (Rys. 1 a), posiada dwuatomową komórkę elementarną. Wiązania pomiędzy atomami węgla w płaszczyźnie grafenu mają głównie charakter s, wynikający z hybrydyzacji sp^2. Strefa Brillouina dla heksagonalnej sieci, takiej jak w grafenie, ma kształt sześciokąta. Struktura pasmowa grafenu w całej strefie Brillouina pokazana jest schematycznie na Rys. 1 b. Najniższe pasmo przewodnictwa i najwyższe pasmo walencyjne utworzone są ze stanów orbitali typu *p*. Orbitale te są prostopadłe do płaszczyzny węglowej i posiadają niewielkie przykrycie pomiędzy sąsiednimi atomami, które prowadzi do powstawania stanów pasmowych.



Rys. 1. (a) Sieć krystaliczna grafenu. Atomy tworzące dwie podsieci wyróżnione zostały innym odcieniem. (b) Struktura pasmowa grafenu w heksagonalnej strefie Brillouina (zaznaczonej na czerwono pomiędzy pasmem przewodnictwa i pasmem walencyjnym)

W sześciu punktach, znajdujących się w narożach sześciokątnej strefy Brillouina, pasma stykają się, co odpowiada pojawieniu się zerowej przerwy energetycznej. Wystarczy wybrać dwa z tych punktów, oznaczane konwencjonalnie jako K i K', gdyż pozostałe są im równoważne ze względu na przesunięcia (*symetrię translacyjną, przyp. red.*) sieci odwrotnej. W pobliżu tych punktów relacja dyspersji ma kształt stożka i odpowiada liniowej zależności energii $E = vp$ od długości dwuwymiarowego kwazipędu $p = \hbar|k|$, liczonego względem punktu K (lub K'). Zależność dyspersyjna jest zatem taka, jak dla fotonu, a stała v odgrywa rolę prędkości światła ($v \cong c/300$).

Mimo, że prędkość v jest dużo mniejsza od prędkości światła, to jednak wzbudzenia elektronowe w grafenie opisane są przez równanie falowe relatywistycznej mechaniki kwantowej. Jest to równanie Diraca dla cząstki o zerowej masie (zgodnie z opisaną powyżej liniową relacją dyspersji) [14, 15]. Dwie komponenty funkcji falowej, które są ujęte w tym równaniu, opisują spinor. Można pokazać w ramach prostego modelu pasmowego uwzględniającego jedynie orbitale p, że składowe spinora odpowiadają amplitudom funkcji falowej na dwóch atomach węgla z komórki elementarnej sieci grafenu. Atomy w komórce elementarnej są fizycznie identyczne, zatem spinor musi posiadać odpowiednie własności symetrii. Dodatkową, spinorową liczbę kwantową wskazującą na jedną z dwu składowych funkcji falowej nazywamy pseudospinem, dla odróżnienia od realnego spinu elektronu.

Konsekwencją symetrii inwersji atomów w komórce elementarnej sześciokątnej sieci krystalicznej jest symetria cząstka-dziura wzbudzeń w grafenie [16]. Każdemu stanowi o energii E (elektronowemu) odpowiada stan o energii $-E$. (dziurowy) z odwróconym kierunkiem pseudospinu. Zarówno wzbudzenia elektronowe (w pasmie przewodnictwa) jak i te dziurowe (w pasmie walencyjnym) charakteryzuje liniowa relacja dyspersji i zerowa masa. Z tego też względu tak elektrony jak i dziury w grafenie będą zachowywały się inaczej niż w typowych półprzewodnikach czy metalach, gdzie energia jest paraboliczną funkcją wektora falowego. Szerzej przedstawimy konsekwencje istnienia i bliskości energetycznej wzbudzeń dziurowych i elektronowych w następnym podrozdziale.

Z formalnego punktu widzenia równanie Diraca opisujące elektrony w grafenie dopuszcza wprowadzenie skończonej masy cząstek, a co za tym idzie relatywistycznej relacji dyspersji w postaci $E = (mv^2+vp)^{1/2}$. Różnica potencjału pomiędzy sąsiednimi atomami węgla, która jednak zmienia się wolno pomiędzy kolejnymi komórkami elementarnymi, prowadzi do relatywistycznej relacji dyspersji elektronów o skończonej masie [17]. Rozpatrywano różne mechanizmy fizyczne, które mogłyby powodować takie zaburzenie monowarstwy grafenowej. Jako realistycznych kandydatów wymienia się oddziaływanie z podłożem grafenu na SiC bądź BN [18], a także adsorpcję dodatkowych atomów tylko do jednej podsieci [19].

Obliczenia teoretyczne oraz pomiary kwantowego zjawiska Halla pokazały, że własności dwóch związanych warstw grafenu, których ułożenie jest takie jak w graficie, różnią się istotnie od pojedynczej swobodnej warstwy grafenu [20]. Najprostszy rachunek pasmowy przewiduje, że elektrony i dziury w dwuwarstwie opisuje paraboliczna zależność energii od wektora falowego, przy czym pasma stykają się ze sobą w punktach K, K' dając zerową przerwę [21]. Wynik ten, w przeciwieństwie do sytuacji opisanej powyżej w monowarstwie, jest jednak bardzo czuły na szereg fizycznie istotnych parametrów oddziaływania z dalszymi sąsiadami [21, 22]. Systematyczne rachunki teorii pasmowej przewidują nawet pojawienie się bardzo małej, rzędu 1 meV, przerwy energetycznej w jednym z trygonalnie rozszczepionych stożków [22]. Zewnętrzna różnica potencjałów pomiędzy górną i dolną warstwą również prowadzi do otwierania się przerwy energetycznej. Strojenie (*modulowanie, przyp. red.*) przerwy energetycznej w dwuwarstwie zewnętrznym polem elektrycznym otwiera możliwość interesujących zastosowań technologicznych [23]. Okazuje się też, że dla większych energii (ponad 1 eV) podwójna warstwa grafenu może być traktowana jako materiał z zerową przerwą energetyczną o liniowej zależności energii od wektora falowego.

Pierwsze doniesienia dotyczące warstw grafenu otrzymanych na SiC (hodowanych na stronie o polarności Si) mówią, że posiada on niezerową przerwę energetyczną [24]. Wydaje się, że jest to efektem oddziaływania warstwy grafenu z podłożem SiC. Powierzchnia SiC podlega rekonstrukcji do charakterystycznej struktury 6V3x6V3R30 widocznej w pomiarach mikroskopu tunelowego na wygrzanej powierzchni SiC [25]. Zupełnie inaczej wygląda sytuacja w przypadku warstw grafenowych hodowanych na politypie po stronie węglowej węglika krzemu. W tym wypadku kolejne warstwy tworzą układ sukcesywnie poskręcanych warstw powodujących brak sprzężenia między warstwami [26]. Prowadzi to do tego, że własności elektronowe takich warstw są praktycznie takie, jak dla pojedynczej warstwy węglowej czyli grafenu.

Kwantowe tunelowanie w grafenie

Kwantowe tunelowanie cząstek przez barierę potencjału jest konsekwencją praw mechaniki kwantowej. Transmisja cząstki przez barierę potencjału maleje wykładniczo z szerokością i wysokością bariery. Taka czułość prądu tunelowania na przyłożony potencjał bariery umożliwia liczne zastosowania. Tunelowanie elektronów w strukturach półprzewodnikowych jest szeroko wykorzystywane we współczes-

nej elektronice. W przypadku grafenu tunelowanie przez barierę wygląda inaczej. Dla elektronów padających prostopadle współczynnik transmisji przez barierę jest zawsze równy jedności, niezależnie od jej szerokości i wysokości. Co więcej, transmisja elektronów padających na barierę pod małym kątem też jest bliska idealnej [27].

Zjawisko przezroczystości bariery dla bezmasywnych cząstek nosi nazwę tunelowania lub paradoksu Kleina [28]. Paradoks pojawia się w kontekście relatywistycznej mechaniki kwantowej [29]. Stany dziurowe w morzu Diraca, do których tuneluje cząstka, są niefizyczne na gruncie tej teorii. Mają ponadto spektrum wzbudzeń nieograniczone z dołu, co powoduje trudności matematyczne. W przypadku tunelowania w grafenie rolę morza Diraca odgrywa pasmo walencyjne, którego stany posiadają w pełni fizyczną interpretację.

Analogiczne tunelowanie elektronów w półprzewodnikach, polegające na przejściu stanu elektronowego w stan dziurowy znane było jako tunelowanie międzypasmowe [30]. Dla silnego potencjału bariery, która odpycha elektrony przewodnictwa, pojawia się zarazem potencjał przyciągający dla dziur z pasma walencyjnego, dostarczając swobodnych (propagujących się), dziurowych stanów w obszarze bariery. Dopasowanie energetyczne stanów dziurowych w barierze ze stanami elektronowymi spoza bariery prowadzi do dużego prawdopodobieństwa przejścia przez barierę. W grafenie dopasowanie to jest wyjątkowo dobre ze względu na zerową masę nośników i brak przerwy pomiędzy pasmami przewodnictwa i walencyjnym. Bardziej szczegółowe rachunki pokazały [31], że tunelowanie Kleina w grafenie zachodzi nie tylko w obecności stopnia potencjału, ale także w przypadku gładkiego, stopniowo narastającego progu. W eksperymentach na złączach w grafenie [32] oczywiście zawsze mamy do czynienia z takimi potencjałami, wygładzanymi na skutek ekranowania.

Najprostszym, a zarazem pierwszym zaprezentowanym urządzeniem działającym na pojedynczej warstwie grafenu był tranzystor polowy [9]. Zazwyczaj obserwacja zjawiska przełączania własności przewodzących warstwy metalicznej zewnętrznym polem elektrycznym pochodzącym od elektrody bramki nie jest możliwa, nośniki metalu skutecznie ekranują zewnętrzne pole. Dzięki temu, że grafen jest rzeczywiście cienki w skali atomowej efekt polowy można zaobserwować w takiej metalicznej warstewce. Ruchliwości nośników w grafenie są ogromne, co wzbudziło nadzieje na konstrukcję szybkich tranzystorów polowych [33]. Niestety, tunelowanie Kleina poważnie ogranicza możliwość blokowania prądu i praktycznie wyklucza możliwość uzyskania tranzystora o dużym współczynniku wzmocnienia na pojedynczej warstwie niezmodyfikowanego grafenu.

Od strony badań fundamentalnych intrygującym pytaniem było: jaki mechanizm kwantowy ustala minimalne przewodnictwo warstwy grafenowej [27, 34]. Z jednej strony mamy mechanizm tunelowania Kleina, który zwiększa przewodnictwo, zapewniając elektronom swobodne tunelowanie przez barierę potencjału. Z drugiej zaś strony na styku pasm przewodnictwa i walencyjnego gęstość stanów nośników zmierza do zera, czyli prąd nie powinien płynąć. Okazuje się, że układ wybiera pewnego rodzaju „kompromis", dopuszczając w obszarze bariery obecność bardzo wielu stanów zanikających, pomimo braku nośników czyli stanów przemieszczających się. Zjawisko to otrzymało nawet swoją nazwę „prądu bez nośników" [35]. W idealnej sytuacji, przy braku domieszek czy innych zaburzeń monowarstwy, sumowanie wkładów od modów zanikających daje teoretyczną granicę minimalnego przewodnictwa $\sigma=4e^2/h$ [27, 34]. Wynik ten udało się potwierdzić doświadczalnie znajdując zależność przewodnictwa balistycznych próbek grafenowych od ich szerokości [36]. Przewodnictwo odpowiednio szerokich próbek staje się nieczułe na warunki brzegowe i zmierza do uniwersalnej, przytoczonej powyżej granicy.

Zaskakującą własnością grafenu jest to, że przewodnictwo w pobliżu minimum rośnie pod wpływem fluktuacji potencjału występujących w warstwie. Efekt można rozumieć w ten sposób, że zarówno wzgórza jak i doliny potencjału zapewniają nośnikom dodatkowe, rezonansowe drogi tunelowania. Takie anomalie związane z tunelowaniem powodują, że w grafenie nie wystąpi tzw. lokalizacja Andersona dla elektronów czy dziur [37].

Struktury przyrządowe z wykorzystaniem grafenu

Niezwykłe elektronowe własności grafenu stawiają go w roli obiecującego kandydata dla przyszłej elektroniki. Wyznaczane eksperymentalnie ruchliwości nośników w grafenie są bardzo wysokie i wynoszą około 30000 cm^2/Vs, czyli o przeszło rząd wielkości większe niż dla tranzystorów krzemowych [24]. Można się spodziewać, że w miarę rozwoju technologii wartości ruchliwości mogą być jeszcze większe. Spodziewane teoretyczne wartości ruchliwości w temperaturze pokojowej są rzędu 105 cm^2/Vs. Zapewnia to balistyczny transport na odległości rzędu wielu mikronów. Należy spodziewać się, że z pomocą litografii elektronowej mogą zostać zrealizowane przyrządy elektroniczne o bardzo dobrych parametrach [27, 38].

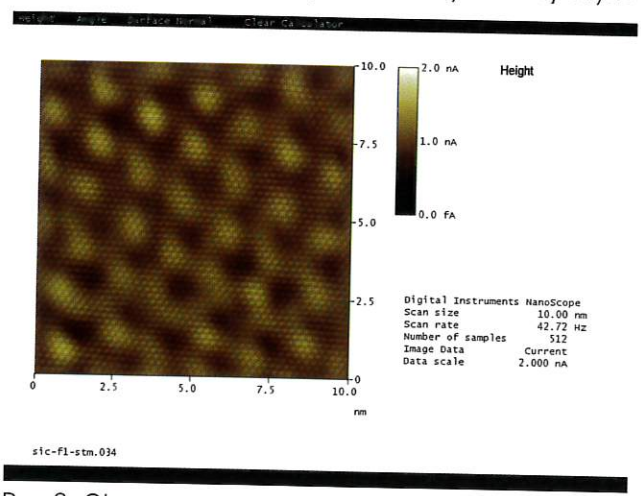
Innym interesującym kierunkiem badań mogą być własności spinowe pasków (wstążek) grafenu, które mogą być półprzewodnikami lub metalami w zależności od tego, jak są wycięte. Ze względu na zaniedbywalne oddziaływanie spin-orbitalne polaryzacja spinowa w grafenie może utrzymywać się na

dużych dystansach. Wycinając odpowiedni pasek (np. tzw. zigzag) z warstwy grafenu można uzyskać przeciwne polaryzacje spinowe na obu brzegach paska, co stwarza warunki na otrzymanie pół-metalu o równowadze spinowej nośników. Zastosowanie pola elektrycznego może zburzyć tę równowagę i daje szansę na strojenie koncentracji nośników o określonym spinie [39]. Tak więc paski grafenu mogą znaleźć zastosowanie w spintronice.

Warto wspomnieć również o możliwych, natychmiastowych praktycznych zastosowaniach grafenu związanych z sensorami gazów. Ostatnio wykazano, że grafen może absorbować molekuły z otaczającej atmosfery co prowadzi do jego „domieszkowania" elektronami lub dziurami, zależnie od rodzaju adsorbowanego gazu [40]. Przez monitorowanie oporności warstwy grafenu można więc oceniać koncentrację gazu w atmosferze.

Otrzymywanie grafenu w Warszawie

Otrzymywanie grafenu w Warszawie wiąże się ze współpracą Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych (ITME) w Warszawie z Instytutem Fizyki Doświadczalnej Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Kilka lat temu w ITME została uruchomiona technologia wzrostu objętościowego SiC z fazy gazowej jak i technologia wzrostu warstw epitaksjalnych SiC. Te dwie technologie umożliwiły dostęp do próbek różnych politypów SiC i różnej polarności. Umożliwiło to również rozpoczęcie w 2007 badań nad kontrolowanym rozpadem SiC w wysokich temperaturach bliskich 1600°C. Hodowane w ITME warstwy węglowe badane były przy użyciu technik eksperymentalnych dostępnych na Wydziale Fizyki UW, takich jak mikroskopia sił atomowych (AFM), skaningowa mikroskopia tunelowa (STM), nieelastyczne rozpraszanie światła (zjawisko Ramana) oraz transmisja optyczna. Pierwsze w Polsce warstwy grafenu uzyskano na atomowo gładkiej powierzchni pochodzącej z frontu krystalizacji kryształu objętościowego *6H*SiC(0001) o polarności krzemowej. Obraz z mikroskopu tunelowego (STM) otrzymany dla jednej z próbek wyhodowanych w ITME jest przedstawiony na Rys. 2. Widać na nim wyraźnie sieć jasnych punktów występujących w odległościach 2.45Å, związanych z siecią atomową grafenu. Na strukturę grafenu nałożona jest struktura „makroskopowa" występująca w odległościach 17.5Å i tworząca tzw. strukturę 6V3x6V3R30 obserwowaną już wcześniej przez inne grupy badawcze. [25]

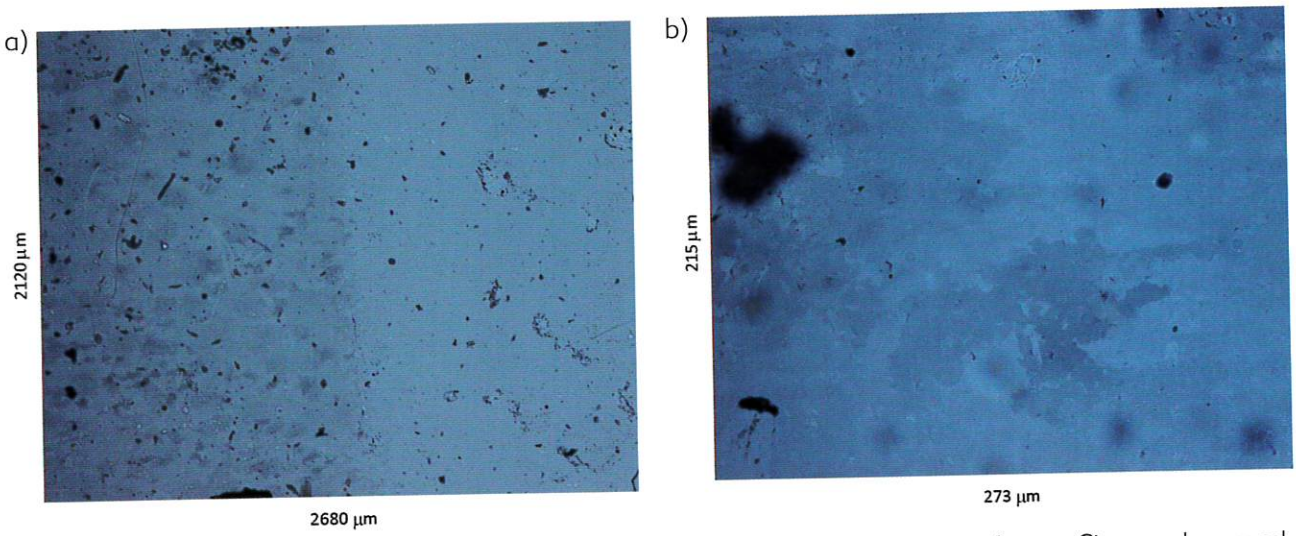


Rys. 2. Obraz otrzymany w skaningowym mikroskopie tunelowym na Wydziale Fizyki UW dla warstwy grafenu na krysztale 6HSiC(0001) z ITME

Struktura „makroskopowa" pochodzi od oddziaływania grafenu z podłożem SiC, na którym występuje taka rekonstrukcja powierzchni [41, 42]. Oznacza to, że otrzymana warstwa grafenu jest cienka, jedno- lub dwuatomowe. W dalszym etapie prac warstwy grafenu otrzymywane były nie tylko na politypie *6H*, ale również na politypach *3C* i *4H*, w tym na gładkich warstwach epitaksjalnych *4H*SiC(0001). Obecnie ITME jest jedynym z niewielu ośrodków w Europie mogącym wytwarzać grafen na SiC. Ze względu na ogromne zainteresowanie tym materiałem, nawiązują się kontakty naukowe z najlepszymi laboratoriami w Europie i na świecie. Bardzo ważna okazała się współpraca z ośrodkiem takim, jak Grenoble High Magnetic Field Laboratory w Grenoble, gdzie możliwe było przeprowadzenie pomiarów magnetooptycznych w dalekiej podczerwieni na próbkach z Warszawy. Z ośrodka tego pojawiły się prace z magnetooptyki, które wniosły ważne informacje niezbędne do zrozumienia własności grafenu [43-45]. W Grenoble prowadzone są też badania ramanowskie grafenu [46].

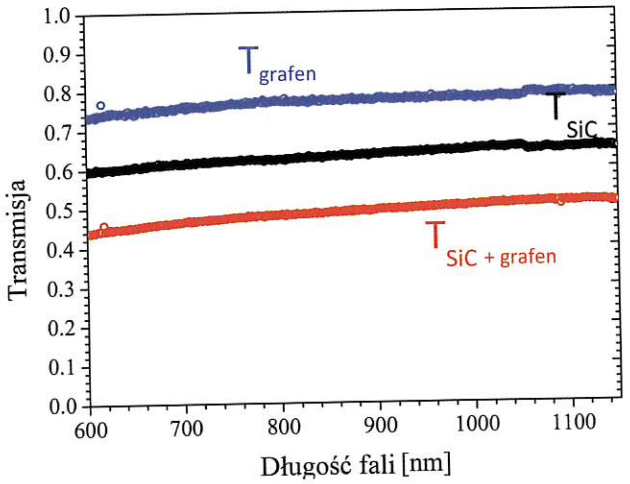
Bardzo ciekawe własności wykazuje również grafen w badaniach absorpcyjnych w świetle widzialnym. Jednoatomowa warstwa grafenu absorbuje 2.3% światła niezależnie od długości fali [47]. Taką różnicę w natężeniu światła z łatwością wykrywa ludzkie oko, tak więc mimo, że jest to jednoatomowa warstwa atomów węgla, jest ona dobrze widoczna. Trochę trudniej jest zaobserwować warstwy grafenowe na podłożu SiC, gdyż główny przyczynek do absorpcji pochodzi od podłoża. Poza tym sama transmisja przez grafen epitaksjalny zmienia się ze względu na obecność podłoża. Na Rys. 3 przedstawiono jak światło przechodzi przez płytkę SiC z epitaksjalną warstwą grafenu w porównaniu do transmisji przez czyste podłoże (należy porównać lewą i prawą część Rys. 3 a). Ponieważ każda z warstw grafenu absorbuje część światła padającego, różne odcienie szarości odpowiadają obszarom z różną liczbą warstw grafenowych. Rozmiary obszarów o jednakowej absorpcji to dziesiątki mikrometrów kwadratowych (Rys. 3 b).

Rozważając warunki brzegowe na granicach powietrze/grafen oraz grafen/SiC, okazuje się, że transmisja przez *N* warstw grafenu epitaksjalnego również nie zależy od długości fali, ale każda



Rys. 3. Obraz z mikroskopu optycznego w trybie transmisji próbki SiC z epitaksjalnym grafenem. Ciemne obszary odpowiadają większej absorpcji światła. Na rysunku widać wyraźnie granicę pomiędzy obszarem z warstwą grafenu (lewa strona) oraz z usuniętą warstwą grafenu (prawa strona) (a). Na zdjęciu z większą rozdzielczością (b) widoczne są obszary o różnej ilości warstw grafenu wielkości kilkudziesięciu mikronów

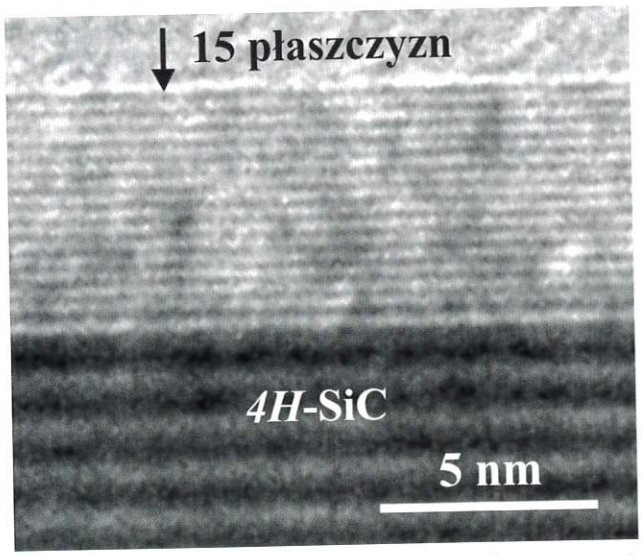
z warstw grafenu epitaksjalnego absorbuje nie 2.3% ale 1.29% światła padającego [48]. Pomiary potwierdzają niezależność transmisji od długości fali w zakresie od 600 nm do 1150 nm (Rys. 4) [49].



Rys. 4. Widma transmisji podłoża SiC (TSiC), podłoża SiC z warstwami grafenu ($T_{SiC+grafen}$) oraz obliczonej transmisji grafenu (T_{grafen}), która odpowiada 15-16 warstwom grafenu

Transmisja przez warstwy grafenowe została obliczona poprzez znormalizowanie transmisji przez podłoże SiC z epitaksjalnym grafenem do transmisji przez czyste podłoże. Dla całego zakresu spektralnego transmisja jest prawie stała i równa ok. 0.8, co odpowiada około 15-16 warstwom grafenu. Badanie mikroskopem transmisyjnym potwierdziły wynik otrzymany optycznie (Rys. 5).

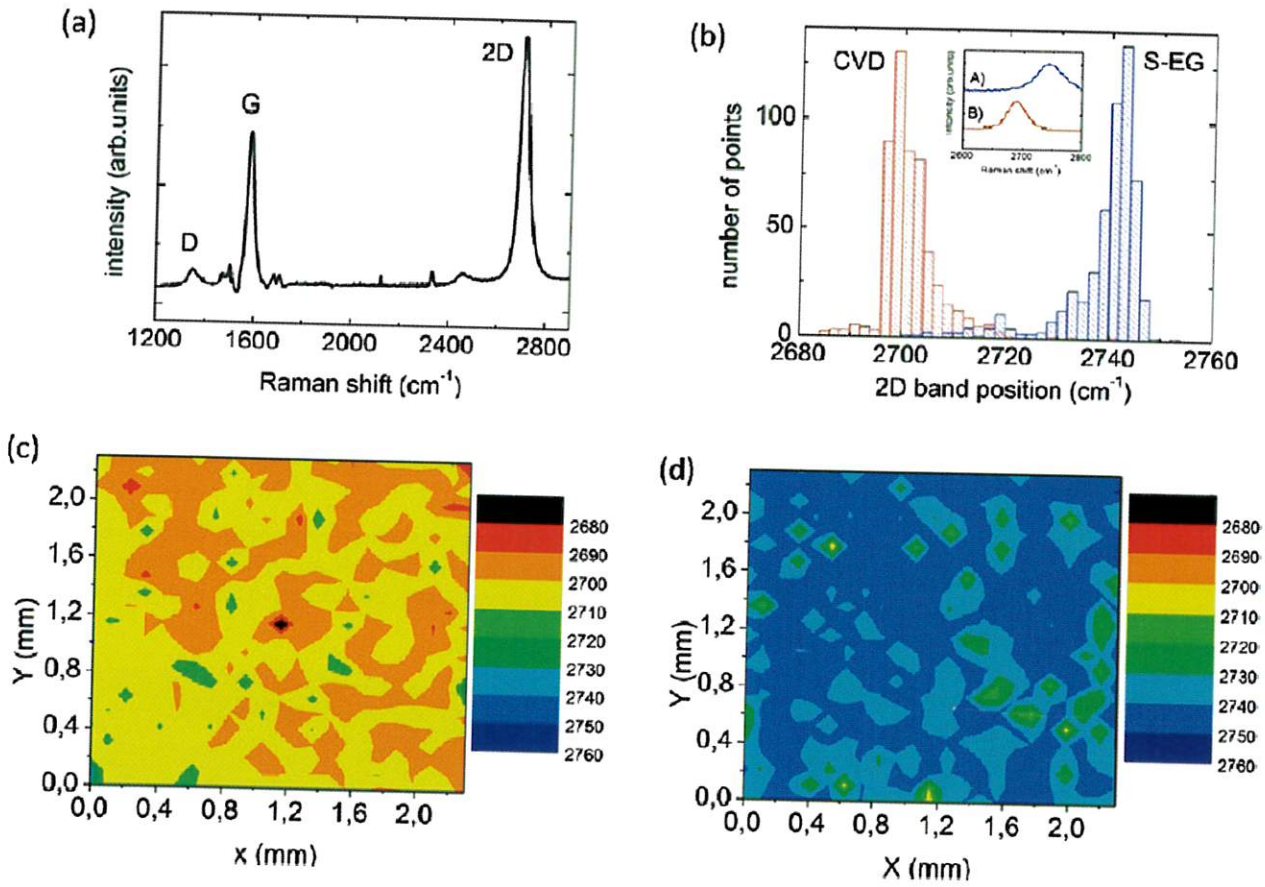
Jak pokazały różne badania [50-52], podstawowy wpływ zarówno na szybkość wzrostu jak i jednorodność osadzania grafenu ma jakość podłoża SiC. Defekty powierzchniowe (stopnie atomowe, rysy



Rys. 5. Obraz z wysokorozdzielczego mikroskopu transmisyjnego próbki SiC z epitaksjalnym grafenem. Obraz otrzymany prze dr Jolantę Borysiuk (Uniwersytet Warszawski)

oraz inne powstałe np. w procesie trawienia podłoża) zwiększają efektywność sublimacji krzemu, a w konsekwencji niejednorodność grubości warstw grafenowych. Tak więc odpowiednie przygotowanie podłoża przed wzrostem grafenu odgrywa jedną z podstawowych ról w optymalizacji tego procesu.

Szybkość wzrostu kolejnych warstw grafenowych zależy oczywiście od dynamiki gazów w reaktorze, czyli od takich parametrów, jak ciśnienie argonu w reaktorze oraz czas wygrzewania. Zmiana czasu wygrzewania i ciśnienia w reaktorze pozwala na badania różnych etapów tworzenia się warstwy grafenu, począwszy od pojedynczych, oddzielonych od siebie płatków grafenowych, które widoczne są dla najwyższych ciśnień i małych czasów aż do całkowitego pokrycia podłoża różną ilością płaszczyzn

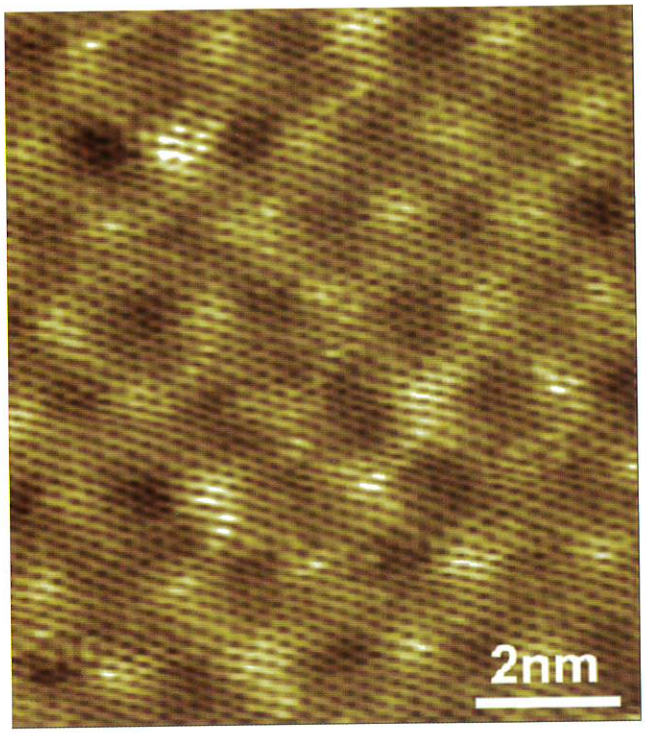


Rys. 6. Przykładowe widmo ramanowskie warstwy CVD uzyskanej na podłożu SiC (a) wskazuje na wysoką jakość tego materiału. Położenie piku 2D (b) w warstwie CVD wskazuje na mniejsze naprężenia w stosunku do warstwy uzyskanej metodą sublimacji (obie warstwy hodowane na stronie o polarności Si). Porównanie map przestrzennych położenia piku 2D wskazuje, że próbka uzyskana metodą CVD (d) ma znacznie mniejszy rozrzut naprężeń niż próbka wyhodowana metodą sublimacji (c)

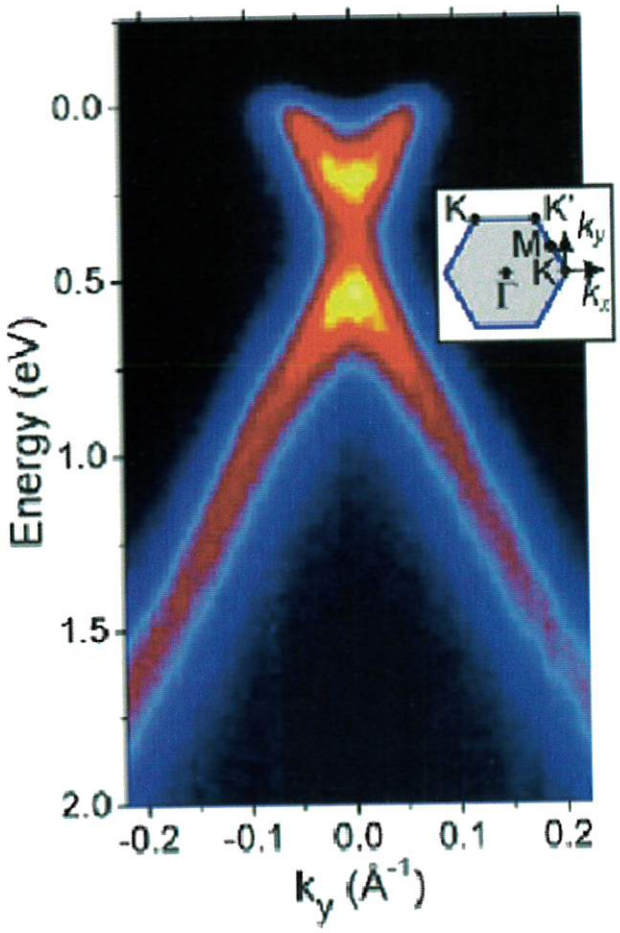
dla małych ciśnień i długich czasów [53]. Powstawanie kolejnych warstw grafenu jest związane z trzema kolejnymi procesami: uwalniania atomów krzemu z sieci krystalicznej SiC, następnie dyfuzją atomów krzemu i wreszcie z odparowywaniem krzemu z powierzchni. Szybkość odparowywania atomów krzemu z SiC jest w przybliżeniu odwrotnie proporcjonalne do ciśnienia argonu w reaktorze [54]. Takie zachowanie obserwowano już na początku ubiegłego wieku, kiedy próbowano wypełniać bańki żarówek z włóknem wolframowym gazami szlachetnymi, w tym argonem [55]. Bardzo ciekawe jest to, że atomy krzemu nie mogą uciec bezpośrednio przez powstałe wcześniej warstwy grafenu. Muszą one najpierw dyfundować do krańca płatka grafenowego [54]. Tak więc rola stopni atomowych, które tworzą naturalny kanał ucieczki atomów krzemu, wydaje się być kluczowa w procesie wzrostu. Potwierdzają to badania wzrostu grafenu na różnie zorientowanym podłożu SiC, gdzie szybkość wzrostu jest tym większa im stopnień dezorientacji jest większy, czyli im jest więcej stopni atomowych na podłożu. Podobnie różnica w szybkości wzrostu na stronie krzemowej i węglowej SiC najprawdopodobniej jest związana z różnymi warunkami procesu dyfuzji, ponieważ pierwsza warstwa grafenu na stronie krzemowej SiC silnie oddziałuje z podłożem i kolejnymi warstwami, co prawdopodobnie efektywnie blokuje dyfuzję krzemu pomiędzy warstwami.

Grafen otrzymywany metodą CVD

W miarę uzyskiwania coraz lepszych rezultatów przy wykorzystaniu metody sublimacji, dr Włodzimierz Strupiński z Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych zaproponował, żeby zamiast sublimacji spróbować odkładania warstw węglowych na podłożach SiC używając metody CVD (Chemical Vapor Deposition). Epitaksję grafenu na metalach (w szczególności na miedzi) prowadzi się z sukcesami od pewnego czasu [56-61]. Problemem tej technologii jest konieczność przenoszenia warstw węglowych z metalu na inne podłoża (np. izolujące folie). Jedną z zalet wykorzystania metody CVD na węgliku krzemu byłoby wykorzystanie istniejących już rozwiązań stosowanych w technologii urządzeń elektronicznych wykonywanych z SiC. Metoda ta, w porównaniu z metodą sublimacji, ma też szansę na mniejszą zależność jakości uzyskiwanych warstw od



Rys. 7. Obraz powierzchni (10 nm x 10 nm) grafenu otrzymanego metodą CVD na podłożu *4H*SiC(0001)



Rys. 8. Zależność energii nośników od wektora falowego w warstwach grafenowych uzyskanych metodą CVD

defektów występujących w podłożu SiC. Kluczową z tego punktu widzenia okazała się możliwość zablokowania procesu sublimacji poprzez przepływ argonu. Po zablokowaniu sublimacji do argonu dodawano niewielką domieszkę propanu, z którego na powierzchni SiC osadziły się warstwy węglowe. Wstępne badania przy użyciu różnych technik pokazały, że proponowana metoda wzrostu może dostarczyć bardzo wysokiej jakości warstw grafenowych [62]. Jak wynika z badań ramanowskich (Rys. 6) próbki uzyskane metoda CVD są znacznie mniej naprężone przez podłoże i wykazują znacznie lepszą jednorodność, niż warstwy uzyskiwane metodą sublimacji.

Wysoką jakość warstw CVD potwierdzają badania przy użyciu skaningowej mikroskopii tunelowej. Na Rys. 7 widoczny jest charakterystyczny obraz podobny do tego, jaki wcześniej uzyskano na próbkach sublimowanych (Rys. 2).

Badania przy użyciu metody ARPES (Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy) pokazały, że w warstwach uzyskanych metodą CVD nośniki zachowują się jak bezmasowe fermiony Diraca, dla których zależność energii od pędu jest liniowa (Rys. 8).

Te ostatnie wyniki świadczą o tym, że technologia CVD jest rzeczywiście obiecująca i należy ją rozwijać.

Podsumowanie

Intensywne prace badawcze prowadzone nad grafenem na całym świecie potwierdzają, że jest to bardzo interesujący materiał z punktu widzenia procesów i zjawisk w nim zachodzących, jak też z punktu widzenia możliwych zastosowań. Bardzo ważne jest to, że w Polsce udało się dołączyć do światowych trendów i wyhodować wysokiej jakości grafen, którego własności optyczne, elektryczne nie odbiegają od najlepszych struktur dostępnych aktualnie na świecie.

Bibliografia

[1] L. Pauling "The Nature of the Chemical Bond" Cornell University Press, Ithaca N.Y. (1960)
[2] R.F. Curl Rev Mod. Phys. 69, 691 (1997)
[3] H. Kroto Rev. Mod. Phys. 69, 703 (1997)
[4] R.E. Smalley, Rev. Mod. Phys. 69 , 723 (1997)
[5] S. Iijima, Nature 345, 56 (1991)
[6] P.R. Wallace, Phys. Rev. 71, 622 (1947)
[7] A.H. Castro Neto, F. Guinea, N.M.R. Peres, K.S. Novoselov, A.K. Geim, Rev. Mod. Phys. 81, 109 (2009)
[8] A.J. van Bommel, J.E. Crombeen, A. van Tooren, Surf. Sci. 48, 463 (1975)
[9] K.S. Novoselov, A.K. Geim, S.V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S. V. Dubonos, I.V. Grigorieva and A. A. Firsov, Science 306,666 (2004)
[10] N.D. Mermin, Phys Rev. 176,250 (1968)

[11] K.S. Novoselov, A.K. Geim, S.V. Morozov, D. Jiang, M.I. Katsnelson, I.V. Grigorieva, S.V. Dubonos and A.A. Firsov, Nature 438, 197 (2005)
[12] Y. Zhang, Yan-Wen Tan, H.L. Stormer and P. Kim, Nature, 438, 201 (2005)
[13] C. Berger, Z. Song, T. Li, X.Li, A.Y. Ogbazghi, R. Feng, Z. Dai, A.N. Marchenkov, E.H. Conrad, P.N. First, and W.A. de Heer, J.Phys.Chem. B, 108,19912 (2004)
[14] G.W. Semenoff, Phys. Rev. Lett. 109, 2449 (1984)
[15] D.P. Di Vincenzo, E.J. Mele, Phys. Rev. B 29, 1685 (1984)
[16] V.P. Gusynin, S.G. Sharapov, and J.P. Carbotte, Int. J.Mod.Phys.B21:4611 (2007)
[17] K. Ziegler, Phys. Rev. Lett. 102, 126802 (2009)
[18] G. Giovannetti, P.A. Khomyakov, G. Brocks, P. J. Kelly, J. van den Brink, Phys. Rev B. 76, 073103 (2007)
[19] V.V. Cheianov, O. Syljuasen, B.L. Altshuler, V.I. Falko, Euro. Phys. Lett. 89, 56003 (2010)
[20] K.S. Novoselov, E. McCann, S.V. Morozov, V.I. Fal'ko, M.I. Katsnelson, U. Zeitler, D. Jiang, F. Schedin and A.K. Geim, Nat.Phys. 2, 177 (2006)
[21] E. McCann, V.I. Falko, Phys. Rev. Lett. 96, 086805 (2006)
[22] B. Partoens and F.M. Peeters , Phys. Rev. B, 74, 075404 (2006)
[23] E.V. Castro, K.S. Novoselov, S.V. Morozov, N.M.R. Peres, J. M. B. Lopes dos Santos, J. Nilsson, F. Guinea, A.K. Geim, and A.H. Castro Neto, Phys. Rev. Lett. 99, 216802 (2007)
[24] M. Cooke, Semiconductor Today 2, 55 (2007/2008)
[25] W.A. de Heer, C. Berger, X. Wu, P.N. First, E.H. Conrad, X. Li, T. Li, M. Sprinkle, J. Hass, M.L. Sadowski, M. Potemski, G. Martinez, Solid State Communications 143 (1-2), 92 (2007)
[26] J.Hass, F. Varchon, J.E. Millán-Otoya, M. Sprinkle, N. Sharma, W.A. de Heer, C. Berger, P. N. First, L. Magaud, and E. H. Conrad, Phys. Rev. Lett. 100, 125504 (2008)
[27] M.I. Katsnelson, K.S. Novoselov and A.K. Geim, Nat.Phys. 2, 620 (2006)
[28] O. Klein, Z.Phys. 53, 157 (1927)
[29] A. Calogeracos, N. Dombey, Contemp. Phys. 40, 313 (1999)
[30] M.H. Weiler, W. Zawadzki, B. Lax, Phys. Rev. 163, 733 (1967)
[31] V.V. Cheianov, V.I. Falko, Phys. Rev. B 74, 041403 (2006)
[32] A.F. Young, P. Kim, Nature Phys. 5, 222 (2009)
[33] M.C. Lemme, T.J. Echtermeyer, M. Baus, H. Kurz, IEEE Electron Device Letters 28, 282 (2007)
[34] J. Tworzydło, B. Trauzettel, M. Titov, A. Rycerz, and C.W.J. Beenakker, Phys. Rev. Lett. 96, 246802 (2006)
[35] A.K. Geim, K.S. Novoselov, Nature Materials 6, 183 (2007)
[36] F. Miao, S. Wijeratne, Y. Zhang, U.C. Coskun, W. Bao and C.N. Lau, Science 317, 1530 (2007)
[37] J. H. Bardarson, J. Tworzydło, C. W. J. Beenakker, Phys. Rev. Lett. **99**, 106801 (2007)
[38] J. Nilsson, A.H. Castro Neto, F. Guinea, and N.M.R. Peres, Phys. Rev. B 76, 165416 (2007)
[39] Y.W. Son, Phys Rev. Lett., 95, 216602 (2005)
[40] F. Schedin, A.K. Geim, S.V. Morozov, E.W. Hill, P. Blake, M.I. Katsnelson and K.S. Novoselov, Nature Materials 6, 652-655 (2007)
[41] A. Fissel, Physics Report 379, 149 (2003)
[42] I. Forbeaux, J.-M. Themlin, and J.-M. Debever, Phys. Rev B 58, 16396 (1998)
[43] M.L. Sadowski, G. Martinez, M. Potemski, C. Berger and W.A. de Heer, Phys. Rev. Lett., 97, 266405 (2006)
[44] P. Plochocka, C. Faugeras, M. Orlita, M.L. Sadowski, G. Martinez, M. Potemski, M.O. Goerbig, J.-N. Fuchs, C. Berger and W. A. de Heer, Phys. Rev. Lett. 100, 087401 (2008)
[45] M. Orlita, C. Faugeras, G. Martinez, D.K. Maude, M.L. Sadowski, and M. Potemski, Phys. Rev. Lett. 100, 136403 (2008)
[46] C. Faugeras, A. Nerrière, M. Potemski, A. Mahmood, E. Dujardin, C. Berger, and W.A. de Heer, Appl. Phys. Lett., 92, 011914 (2008)
[47] R.R. Nair, P. Blake, A.N. Grigorenko, K.S. Novoselov, T.J. Booth, T. Stauber, N.M.R. Peres and A.K. Geim, Science, 320, 1308 (2008)
[48] J.M. Dawlaty, S. Shivaraman, J. Strait, P. George, Mvs Chandrashekhar, F. Rana, M. G. Spencer, D. Veksler, and Y. Chen, Appl. Phys. Lett., 93, 131905 (2008)
[49] A. Drabinska, J. Borysiuk, W. Strupiński, J. M. Baranowski, Materials Science Forum 645 – 648, 615 (2010)
[50] K.V. Emtsev, A. Bostwick, K. Horn, J. Jobst, G.L. Kellogg, L. Ley, J.L. McChesney, T. Ohta, S.A. Reshanov, J. Röhrl, E. Rotenberg, A.K. Schmid, D. Waldmann, H.B. Weber, Th. Seyller, Nature Materials, 8, 203 (2009)
[51] C. Virojanadara, M. Syväjarvi, R. Yakimova, L.I. Johansson, A.A. Zakharov and T. Balasubramanian, Phys. Rev. B, 78, 245403 (2008)
[52] W.Strupiński, A.Drabińska, R.Bozek, J.Borysiuk, A.Wysmołek, R.Stępniewski , K.Kościewicz, P.Caban, K.Korona, K.Grodecki, P.A. Geslin, J.M.Baranowski, Materials Science Forum 645 – 648, 569 (2010)
[53] N. Ferralis, R. Maboudian, and C. Carraro, Phys. Rev. Lett. 101, 156801 (2008)

[54] A. Drabińska, K. Grodecki, W. Strupiński, R. Bożek, K. P. Korona, A. Wysmołek, R. Stępniewski, J. M. Baranowski, Phys. Rev. B 81, 245410 (2010)
[55] G.R. Fonda, Phys. Rev. 31, 260 (1928)
[56] Reina, A. Jia, X. Ho, J. Nezich, D. Son, H. Bulovic, V. Dresselhaus, M. S. Kong, J. Nano Lett. 9, 30 (2009)
[57] Meyer, J.C. Geim, A. K. Katsnelson, M.I. Novoselov, K.S. Booth, T.J. Roth, S Nature, 446, 60 (2007)
[58] Li, X. Cai, W. An, J. Kim, S. Nah, J. Yang, D. Piner, R. Velamakanni, A. Jung, I. Tutuc, E. Banerjee, S.K. Colombo, L. Ruoff, R.S. Science, 324, 1312 (2009)
[59] Reina, A. Son, H. Jiao, L. Fan, B. Dresselhaus, M.S. Liu, Z. F. Kong, J.J. Phys. Chem. C, 112, 17741 (2008)
[60] Kim, K.S. Zhao, Y. Jang, H. Lee, S.Y. Kim, J.M. Kim, K.S. Ahn, J.-H. Kim, P. Choi, J.-Y. Hong, B. H. Nature, 457, 706 (2009)
[61] Sun, Z. Yan, Z. Yao, J. Beitler, E. Zhu, Y. Tour, J.M. Nature 468, 549 (2010)
[62] W. Strupinski, K. Grodecki, A. Wysmolek, R. Stepniewski, T. Szkopek, P.E. Gaskell, A. Grneis, D. Haberer, R. Bozek, J. Krupka, and J.M. Baranowski, Nano Lett. 11 (4), 1786-1791 (2011)

KRONIKA

Nominacje profesorskie 3/2011

W dniach 16 lipca, 1 i 4 sierpnia 2011 Prezydent nadał tytuł profesora nauk fizycznych łącznie 13 osobom. Są to: Piotr Pascal Bożek (URz i IFJ PAN), Maciej Dunajski (UŁ), Perła Ita Kacman (IF PAN), Tomasz Nikodem Matulewicz (UW), Paweł Aleksander Moskalik (CAMK), Marek Władysław Banaszkiewicz (CBK), Piotr Salabura (UJ), Iwona Małgorzata Stanisławska (CBK), Bogusław Fugiel (UŚl), Włodzimierz Zbigniew Piechocki (NCBJ), Radosław Marek Przeniosło (UW), Jan Antoni Sładkowski (UŚl) i Volodymyr Stefanovych (UO).

isap.sejm.gov.pl M.S.

Nasz człowiek w EJP

Nowym Redaktorem Naczelnym prestiżowego czasopisma *European Journal of Physics* został prof. Jan Mostowski z Instytutu Fizyki Polskiej Akademii Nauk. EJP jest dwumiesięcznikiem Europejskiego Towarzystwa Fizycznego wydawanym w W. Brytanii przez Institute of Physics; publikuje on artykuły dotyczące nauczania fizyki na poziomie uniwersyteckim. Podstawowa misja *EJP* polega na „utrzymaniu i poprawie standardów nauczania fizyki na uniwersytetach i w innych instytucjach kształcących na poziomie wyższym". *EJP* ma, oprócz papierowej, również wersję elektroniczną.

M.S.

Izrael w CERN-ie

Pełnoprawnymi członkami CERN-u były dotychczas wyłącznie państwa europejskie. 16 września 2011 r. Izrael, który przez dziesięć lat miał status obserwatora, podpisał umowę, na mocy której został tzw. członkiem stowarzyszonym (Associate Member State). Jest to etap poprzedzający pełne członkostwo, który będzie trwać co najmniej 24 miesiące. Umowę podpisali Dyrektor Generalny CERN-u Rolf Heuer i ambasador Izraela a także stały przedstawiciel Izraela w ONZ w Genewie Aharon Leshno-Yaar. Jak zauważył przy tej okazji Rolf Heuer, „budowa mostów miedzy narodami jest istotną częścią naszej misji. Ta umowa stanowi ważny krok w tym kierunku i wzbogaca nas naukowo".

press.web.cern.ch M.S.

Errata do zeszytu 2_2011

str. 80, kolumna 2, wiersz 1 od góry, błąd w wyrażeniu algebraicznym (wstawić grecką literę „π" w miejsce znaku „ ✓"), powinno być: $h/2\pi\Delta t << e^2/2C$

Kosmologia – kres możliwości fizyki

Z. Jacyna-Onyszkiewicz
Zakład Fizyki Kwantowej Wydział Fizyki, Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu

Streszczenie: W kosmologii wszechświat traktuje się jako największy układ fizyczny, poza którym nie istnieje żadna rzeczywistość fizyczna. Dla badań astrofizycznych dostępna jest teraz i będzie w przyszłości tylko znikoma część wszechświata. Z tego powodu zasadniczą strategię badań kosmologicznych stanowią daleko idące ekstrapolacje, zakreślające nieprzekraczalne granice dla matematyczno-empirycznej metodologii nauk fizycznych.

Cosmology – the limit of physics possibilities

Abstract: In cosmology the universe is treated as the largest physical system beyond which there is no physical reality. Astrophysics has been and will be able to investigate only a small part of the universe, so the main strategy of cosmology is to use far reaching extrapolations that help to establish the utmost limits of the mathematical and empirical methodology of physics.

Podstawowym założeniem metodologii fizyki jest przyjęcie, że wszystko można wyjaśnić w sposób naturalistyczny, bez odwoływania się do czynników ponadnaturalnych czy nadprzyrodzonych. Przyjęcie naturalistycznej metodologii w fizyce wszechświata, czyli kosmologii, oznacza, że badamy wszechświat w taki sposób jakby stanowił on całą rzeczywistość. U podstaw sukcesów fizyki leży idea samoograniczenia polegająca na niewykraczaniu poza granice swojej kompetencji. Fizyka odnalazła swoja tożsamość, gdy zrezygnowała ze stawiania pytań, na które nie jest w stanie udzielić odpowiedzi w ramach naturalistycznej i matematyczno-empirycznej metodologii. Rodzi się zasadnicze pytanie: Czy kosmologia stanowi zamknięty system teoretyczny w ramach tej metodologii?

Do początku XX wieku uważano, że nasza Galaktyka, ogromny system gwiezdny zwany Drogą Mleczną, zawierający około 400 miliardów gwiazd, w tym Słońce, istniejący w bezkresnej przestrzeni euklidesowej, stanowi cały wszechświat. W kosmologii, będącej działem fizyki, wszechświat określa się jako największy izolowany układ fizyczny, poza którym nie istnieje żadna rzeczywistość fizyczna. Gdyby taka istniała to należałoby ją włączyć do tak zdefiniowanego wszechświata. Droga Mleczna, czyli nasza Galaktyka, ma w przybliżeniu kształt ogromnego dysku, w centrum którego, jak dziś wiemy, znajduje się czarna dziura o masie szacowanej na prawie 4 miliony mas Słońca. W skali, w której odległość Ziemia – Słońce, wynosząca około 150 milionów kilometrów, jest zredukowana do jednego milimetra, średnica naszej Galaktyki wynosi około 6 000 km.

W 1924 r. Edwin Powell Hubble zmierzył odległość do Wielkiej Mgławicy Andromedy (M31) i wykazał, że niezgodnie z ówczesnymi poglądami mgławica ta nie jest częścią Drogi Mlecznej, lecz stanowi nową galaktykę. Dzisiaj wiemy, że odległość do Wielkiej Mgławicy Andromedy przekracza dwudziestokrotnie średnicę Drogi Mlecznej a jej rozmiary są około dwukrotnie większe niż Drogi Mlecznej. W ten sposób koncepcja przytulnego wszechświata, w którym nasza Galaktyka jest samotnym układem gwiezdnym znajdującym się w nieskończonej i pustej przestrzeni, została sfalsyfikowana.

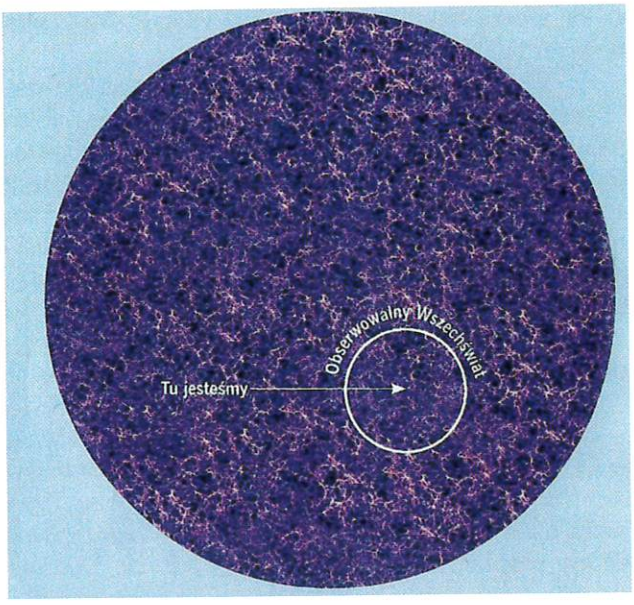
W badaniach galaktyk Hubble poszedł jeszcze dalej. Opierając się na swoim odkryciu oraz wykorzystując technikę opracowaną wcześniej przez amerykańskiego astronoma Vesto Melvina Sliphera w 1929 r. zadał śmiertelny cios odwiecznemu przekonaniu o statyczności wszechświata. Hubble wykazał, że galaktyki oddalają się od siebie z prędkością wprost proporcjonalną do wzajemnej odległości. Zgodnie z obecnymi danymi galaktyka odległa o 10

milionów lat świetlnych oddala się od nas z prędkością 220 km/s, a galaktyka odległa o miliard lat świetlnych oddala się od nas z prędkością 22 000 km/s. Do dzisiaj prawo to sprawdzono dla bardzo dużej liczby galaktyk. Oznacza to, że w odległej przeszłości gęstość rozmieszczenia galaktyk w przestrzeni była znacznie większa, a zgodnie z prawami termodynamiki, średnia temperatura wszechświata wypełnionego galaktykami wyższa. Obecnie wiemy, że około 13,7 miliardów lat temu przestrzeń wypełniał zjonizowany gaz (plazma) o temperaturze wyższej niż 3000 K. W takich warunkach z powodu silnego jego tłumienia nie mogło rozchodzić się promieniowanie elektromagnetyczne. To oznacza, że światło może do nas docierać z odległości nie większej niż około 13,7 miliardów lat świetlnych. Zatem możliwa do zaobserwowania część wszechświata, czyli tzw. obserwowalny wszechświat, ma postać kuli o promieniu około 13,7 miliardów lat świetlnych, w której centrum się znajdujemy. W tej kuli znajduje się około 100 miliardów galaktyk.

W celu zobrazowania jaka jest wielkość tej kuli załóżmy, że średnica naszej Galaktyki – Drogi Mlecznej – wynosi tylko 1 mm. W tej skali odległości największa znana galaktyka ma średnicę 6 cm a obserwowalny wszechświat ma postać kuli o promieniu około 140 m. Zauważmy, że w ciągu ostatnich 200 tys. lat promień tej kuli zwiększył się tylko o 2 mm, czyli mniej więcej o jedną siedemdziesięciopięciotysięczną promienia. Ewentualna możliwość skutecznego badania widma fal grawitacyjnych przesunie promień obserwowalnego wszechświata, w rozpatrywanej skali, zaledwie o 4 mm. Możemy więc powiedzieć, że w skali istnienia cywilizacji ludzkiej obserwowalny wszechświat praktycznie się nie powiększył i tylko nieznacznie powiększy się w okresie kilku najbliższych milionów lat.

Oznacza to, że nasze możliwości badania kosmosu metodami fizycznymi posiadają praktycznie nieprzekraczalną granicę. W tej sytuacji najprostsza strategia stosowana w kosmologii polega na założeniu, że cały wszechświat jest podobny do wszechświata obserwowalnego, tzn. iż w dużej skali jest jednorodny przestrzennie i izotropowy. Nie jest natomiast jednorodny w czasie – ma swoją historię i zmienia się z upływem czasu kosmicznego, którego miarą może być promień kuli obserwowalnego wszechświata, jednakowy dla każdego obserwatora. Ponadto, w najprostszej strategii przyjmuje się, że dynamikę całego wszechświata określają tylko oddziaływania grawitacyjne poprawnie opisywane przez ogólną teorię względności Einsteina – obecnie najdokładniej potwierdzoną eksperymentalnie teorię fizyczną. Jest ona potwierdzona z dokładnością jak 1 do 100 bilionów [1].

Ogólna teoria względności redukuje zjawisko grawitacji do ruchu bezwładnego w zakrzywionej czasoprzestrzeni. Z jednorodności wszechświata wynika więc, że w każdym jego punkcie krzywizna przestrzeni jest taka sama. Zgodnie z ogólną teorią względności Einsteina przestrzeń jednorodnego wszechświata jest dynamicznym ośrodkiem mogącym zakrzywiać się na jeden z trzech sposobów, zależnie od wartości gęstości i ciśnienia zawartej w nim materii oraz gęstości ciemnej energii [2, 3]. Można pokazać, że istnieją tylko trzy rodzaje jednospójnej przestrzeni o stałej, niezależnej od miejsca krzywiźnie: przestrzeń o geometrii sferycznej, przestrzeń o geometrii hiperbolicznej i przestrzeń płaska o geometrii euklidesowej .



W najprostszej strategii badań kosmologicznych zakłada się, że mimo tworzenia przez galaktyki skomplikowanych sieci, w dużej skali wszechświat jest jednorodny. W skali, w której średnica naszej Galaktyki (Drogi Mlecznej) wynosi 1 mm, promień obserwowalnego wszechświata jest równy około 140 m [rys. z Świata Nauki, maj 2009]

Ogólna teoria względności jest w pewnym sensie teorią lokalną. Pozwala ona na określenie geometrii każdego niewielkiego fragmentu przestrzeni na podstawie rozkładu zawartej w nim gęstości energii. Nie wyjaśnia natomiast, w jaki sposób poszczególne fragmenty przestrzeni dopasowują się do siebie, nadając przestrzeni określoną topologię. Z tego powodu trzy możliwe geometrie jednorodnego wszechświata są zgodne z wieloma topologiami.

Obserwacje astronomiczne zdają się wskazywać, że obserwowany wszechświat w dużej skali ma geometrię euklidesową. Wszechświat może jednak być sferyczny lub hiperboliczny, ale tak duży, że obserwowana jego część wydaje się euklidesowa, podobnie jak niewielki fragment powierzchni Ziemi wydaje się być płaski.

Wszechświat o skończonej objętości przestrzeni nazywa się wszechświatem zamkniętym. Przestrzeń sferyczna ma skończoną objętość i istnieje w niej największa, skończona odległość. Wszech-

świat o przestrzeni sferycznej jest więc wszechświatem zamkniętym.

O tym, że wszechświat w przeszłości był gorący świadczy odkryte w połowie lat sześćdziesiątych [4] i dokładnie przebadane przez satelitę COBE w latach dziewięćdziesiątych XX wieku a następnie przez sondę kosmiczną WMAP [5, 6] mikrofalowe promieniowanie tła o planckowskim rozkładzie widma energii ciała doskonale czarnego i wysokim stopniu izotropowości jego temperatury (jak 1 do 100 tysięcy). Aktualnie to promieniowanie jeszcze precyzyjniej bada sonda kosmiczna Planck.

Obserwacje gwiazd supernowych typu Ia w odległych galaktykach doprowadziły do odkrycia w 1998 r., że galaktyki oddalają się od siebie z narastającą szybkością [7,8]. Wniosek ten potwierdziły niezależne obserwacje, między innymi przeprowadzone przez sondę kosmiczną WMAP [5]. Szacuje się, że galaktyki oddalają się od siebie coraz szybciej już od około 5 miliardów lat. Niewątpliwie stanowi to najważniejsze odkrycie naukowe kilku ostatnich dekad o kapitalnym znaczeniu dla fizyki i kosmologii.

Jeżeli wszechświat będzie rozszerzał się coraz szybciej przez następne 100 mld lat, to najbliższe galaktyki z Grupy Lokalnej połączą się z naszą Galaktyką w jeden wielki system gwiezdny, a wszystkie dalej położone galaktyki uciekną poza horyzont zdarzeń. Dalekie galaktyki nie znikną nagle, lecz w miarę zbliżania się do horyzontu zdarzeń nieograniczenie będzie się zwiększać przesunięcie ich widm ku czerwieni.

Za 100 mld lat maksimum widma promieniowania tła, które znajduje się dziś w zakresie mikrofal, przesunie się do zakresu radiowego. Jednocześnie gęstość energii promieniowania tła zmaleje około bilion razy, co postawi jego detekcję pod wielkim znakiem zapytania.

W jeszcze odleglejszej przyszłości promieniowanie tła stanie się niemożliwe do zaobserwowania. Przestrzeń między gwiazdami galaktyki jest wypełniona zjonizowanym gazem; znajduje się więc w niej dużo swobodnych elektronów. Fale radiowe o niskiej częstości nie mogą rozchodzić się w takim ośrodku – są pochłaniane lub odbijane. Z tym samym zjawiskiem mamy do czynienia w przestrzeni okołoziemskiej: dzięki odbiciom od jonosfery audycje radiowe emitowane techniką modulacji amplitudy na falach krótkich są niekiedy odbierane nawet bardzo daleko od stacji nadawczych. Ośrodek międzygwiazdowy można sobie wyobrażać jako wielką jonosferę, która wypełnia całą galaktykę. Jej właściwości sprawiają, że do wnętrza galaktyki nie mogą wnikać żadne fale radiowe o długości ponad 300 km. Za 350 mld lat maksimum promieniowania tła przesunie się poza tę granicę i ówcześni kosmolodzy przestaną być świadomi jego istnienia. Zanim do tego dojdzie, subtelne niejednorodności, które dostarczają dziś astronomom tak wielu informacji o wczesnym Wszechświecie, staną się zbyt słabe, aby można je było badać. Naukowcy nie zaobserwują już kosmicznej ekspansji, ponieważ cała ekspandująca materia zniknie nam z pola widzenia, a wszystko, co w nim pozostanie, będzie należało do związanego grawitacyjnie skupiska gwiazd. W dalekiej przyszłości obserwowalny wszechświat upodobni się zatem do modelu kosmologicznego sprzed stu lat.

W ramach ogólnej teorii względności można prosto opisać zjawisko przyspieszonej ekspansji. Wystarczy założyć, że dominujący wkład do średniej gęstości energii wszechświata daje tzw. ciemna energia [3], której podstawową cechą jest jej dodatnia wartość i niezmienność gęstości energii w długich przedziałach czasu kosmicznego. Zgodnie z pierwszą zasadą termodynamiki ta właściwość ciemnej energii generuje ujemne ciśnienie, powodujące przyspieszoną ekspansję wszechświata [3].

Szacuje się, że obecnie ciemna energia stanowi 72% średniej gęstości energii wszechświata. Wraz z upływem czasu kosmicznego procentowy wkład ciemnej energii będzie wzrastał ponieważ gęstość energii pozostałych składników wszechświata maleje wraz z upływem czasu kosmicznego. I tak, za 100 miliardów lat udział ciemnej energii wzrośnie do około 99%. Oznacza to, że o przyszłości wszechświata w decydującej mierze będą decydować właściwości fizyczne ciemnej energii.

Zgodnie z ogólną teorią względności galaktyki oddalają się od siebie ponieważ są unoszone przez rozszerzającą się przestrzeń. Rozszerzająca się przestrzeń wypełniona ciemną energią powoduje wzrost energii dowolnego obszaru wszechświata. Powstaje uzasadnione fizycznie pytanie: Skąd bierze się ta energia? Na to pytanie sensownie można odpowiedzieć tylko dla wszechświata zamkniętego (o skończonej objętości), ponieważ tylko dla takiego wszechświata, zgodnie z ogólną teorią względności, całkowita energia wynosi zero [9]. W takim wszechświecie dodatnia energia jest dokładnie rekompensowana przez ujemną energię związaną z polem grawitacyjnym. Stąd wypływa wniosek, że przyspieszona ekspansja wszechświata zdaje się wskazywać, że jest on wszechświatem zamkniętym (o skończonej objętości przestrzeni).

W ten sposób odkrycie przyspieszonej ekspansji wszechświata sugeruje, że żyjemy we wszechświecie zamkniętym o skończonej objętości, lecz powiększającej się z narastającą szybkością. Oznacza to, że w miarę upływu czasu obserwowalny wszechświat będzie coraz mniejszą częścią całego wszechświata. Możemy tylko domniemywać, że cały wszechświat jest podobny do tej znikomej części wszechświata jaką możemy obserwować.

Istnieją więc poważne argumenty natury fizycznej i kosmologicznej, że wszechświat, traktowany jako największy i izolowany układ fizyczny, poza któ-

rym nie istnieje żadna rzeczywistość fizyczna, około 13,7 miliardów lat temu miał objętość mniejszą od objętości zajmowanej przez jeden atom. Do opisu tak małego wszechświata musimy stosować teorię kwantów. Program zastosowania teorii kwantów do opisu całego wszechświata nosi nazwę kosmologii kwantowej. Kosmologia kwantowa narodziła się w latach sześćdziesiątych XX wieku.

Ogólna teoria względności umożliwia skonstruowanie dla zamkniętego wszechświata funkcji Hamiltona, a na jej podstawie operatora energii (hamiltonianu). Zgodnie z teorią kwantów zamknięty wszechświat jest izolowanym układem o zerowej energii całkowitej w czystym stanie kwantowym. Jego hamiltonian posiada tylko jedną wartość własną równą zeru. Fakt ten nakłada silne ograniczenia na przestrzeń stanów wszechświata. Stan własny hamiltonianu, odpowiadający jego zerowej wartości własnej, jest bardzo silnie zdegenerowany, z uwagi na ogromną złożoność wszechświata. W takim układzie kwantowym unitarny operator ewolucji, opisujący czasową deterministyczną ewolucję wektora stanu wszechświata (tzw. ewolucję U [1]), jest operatorem jednostkowym w przestrzeni stanów wszechświata [3]. Dlatego zamknięty wszechświat nie podlega unitarnej ewolucji U. Jest to wynik wyraźnie sprzeczny z obserwacjami astronomicznymi, które wskazują, że wszechświat zmienia się wraz z upływem czasu kosmicznego.

Jak wiadomo w układach kwantowych obok ewolucji U występują także skokowe, nieprzewidywalne i nieodwracalne zmiany wektora stanu, opisujące przejście od tego, co możliwe, do tego, co rzeczywiste, w momencie pomiaru kwantowego (zmiany te nazywa się procesem redukcji superpozycji stanów i czasami oznacza przez R [1]). Zatem, zmiany zachodzące we wszechświecie mogą generować tylko procesy R wywołane przez jakiś element rzeczywistości nie podlegający liniowym równaniom teorii kwantów, czyli przez rzeczywistość pozafizyczną. Wszelkie próby zredukowania procesu R do ewolucji unitarnej U są więc skazane na niepowodzenie. Oznacza to falsyfikację wielu zaproponowanych interpretacji teorii kwantów [10, 11]. Można powiedzieć, że kosmologia kwantowa nie tworzy zamkniętego systemu teoretycznego w ramach naturalistycznej metodologii. W ten sposób kosmologia kwantowa zakreśla kres możliwości fizyki. Rodzi się więc pytanie: Jaki element rzeczywistości wywołuje procesy R?

Odpowiedź na to pytanie przekracza więc ramy fizyki. Może ona być znaleziona tylko na znacznie mniej pewnym gruncie naukowym niż fizyka – na gruncie metafizyki, rozumianej jako ogólna i jakościowa teoria wszystkiego co istnieje. Metafizyki, w której przedrostek „meta" używany jest w znaczeniu "poza". Tak określona metafizyka nie jest ograniczona przez ramy naturalistycznej, matematyczno-empirycznej metodologii obowiązującej w fizyce.

Brak tego ograniczenia metodologicznego sprawia, że w przeciwieństwie do fizyki, znane są różne metafizyki (metafizyczne modele rzeczywistości), wzajemnie „ortogonalne" pojęciowo. To co jest sensowne w ramach pojęciowych jednej metafizyki, może być bezsensowne w innej. Nie oznacza to, że wszystkie metafizyki są równie cenne. Oczywiście wartościowa metafizyka powinna tworzyć logiczny i spójny system myślowy oraz być zgodna z istotnymi wynikami nauk szczegółowych.

Fizyka ze względu na przyjętą metodologię, jest niezmiennicza względem przyjętych założeń metafizycznych, lecz nie zawsze dotyczy to jej interpretacji. Dlatego opowiedzenie się za daną metafizyką jest kwestią jej wiarygodności, a nie ścisłych dowodów. Wystarczy przywołać tu dobrze znany przykład interpretacji fizyki kwantowej. Od czasu sformułowania teorii kwantów fizycy usiłują zrozumieć jaka rzeczywistość leży u jej podstaw. Zaproponowano do tej pory kilkanaście różnych interpretacji teorii kwantów. Żadna z nich nie została jednak powszechnie zaakceptowana przez społeczność fizyków. Znamienne jest to, że ponad 80-letnie niesatysfakcjonujące próby interpretacji teorii kwantów ograniczają się tylko do korzystania z metafizyki materialistycznej [10, 11]. Na gruncie metafizyki nie ma jednak żadnego przeciwwskazania do podejmowania prób interpretacji fizyki kwantowej z pozycji innej metafizyki, np. metafizyki panteistycznej czy teistycznej.

Jak się wydaje, sama fizyka kwantowa dostarcza pewnych wskazówek jaki czynnik może generować procesy R zachodzące we wszechświecie. Wystarczy wspomnieć, że zastosowanie fizyki kwantowej do badania termicznych właściwości czarnych dziur, prowadzi do konkluzji, że każdy obiekt fizyczny można utożsamić ze skończonym zbiorem informacji [12]. Mamy tutaj do czynienia z sytuacją podobną jak w grach komputerowych, w których sztuczna (wirtualna) rzeczywistość kreowana na ekranie monitora jest tożsama ze skończonym zbiorem informacji przetwarzanym przez komputer. Zatem, rzeczywistość realna nie musi „składać się z materii", lecz może być „zbudowana" tylko z informacji otrzymywanej przez nasze umysły.

Na tej podstawie, w celu znalezienia metafizycznej rzeczywistości wywołującej we wszechświecie procesy R zakładamy, że przyroda funkcjonuje na podobnej zasadzie jak urządzenia informatyczne wytwarzające rzeczywistość pozorną, tzw. rzeczywistość wirtualną. Ich funkcjonowanie wyjaśnimy na przykładzie prostego doświadczenia myślowego, ilustrującego właściwości rzeczywistości wirtualnej. Załóżmy, że dwóch fizyków uległo wypadkowi, w którym nie uszkodzone pozostały tylko ich mózgi. Przyjmijmy, że dysponujemy technologią pozwalającą utrzymać ich mózgi przy życiu bez pozostałych części ciała i prze-

kazywać do nich bodźce nerwowe przez odpowiedni komputer w takim samym zakresie jak przed wypadkiem. Ich mózgom może się więc wydawać, że nadal mają własne ciała, poruszają się i działają w rzeczywistości identycznej z rzeczywistością naturalną. Fizycy ci mogą prowadzić eksperymenty fizyczne w rzeczywistości wirtualnej generowanej przez odpowiednio zaprogramowane i skorelowane ciągi informacji, przekazywane ich mózgom przez komputer w postaci bodźców nerwowych. Jeżeli reguły przekazu tych informacji są identyczne z zasadami teorii kwantów, rzeczywistość wirtualna może być dla nich nie do odróżnienia od rzeczywistości naturalnej.

Rzeczywistość wirtualna w tym wyidealizowanym przypadku ma następujące, łatwe do zauważenia, cechy:

- Przekaz informacji pomiędzy dwoma mózgami fizyków następuje wyłącznie za pośrednictwem komputera.
- Nie istnieją doświadczenia fizyczne wykonywane w rzeczywistości wirtualnej umożliwiające tym fizykom poznanie budowy ich mózgów i komputera oraz sposobu przekazu informacji między nimi. W rzeczywistości wirtualnej „fizyką" są tylko reguły przekazu informacji i jej ciągi. Budowa mózgów, budowa komputera oraz sposób przekazu informacji należą do rzeczywistości naturalnej, czyli do „metafizyki" rzeczywistości wirtualnej.
- Rzeczywistość wirtualna nie jest utworzona z oddziałującej ze sobą materii, ale z ciągów informacji przekazywanych mózgom fizyków w postaci bodźców nerwowych.
- Rzeczywistość wirtualna jest subiektywna, istnieje bowiem wyłącznie w umysłach tych dwóch fizyków.

Załóżmy teraz, że rzeczywistość naturalna, czyli fizyczna, tworząca wszechświat zbudowana jest w sposób analogiczny do rzeczywistości wirtualnej w powyższym przykładzie. Przyjmijmy więc metafizyczny model rzeczywistości zakładając, że:

- Istnieją indywidualne umysły U_l (mogą to być umysły ludzkie), nie podlegające prawom fizyki kwantowej, świadome swego istnienia, czyli zdające sobie sprawę z tego, że istnieją, gdzie $l = 1, 2, \ldots$.
- Istnieje umysł U, który pełni taką samą funkcję w rzeczywistości naturalnej, jak komputer w rzeczywistości wirtualnej. Według określonych reguł przetwarza on informacje uzyskane od wszystkich U_l i po odpowiednim ich przetworzeniu przesyła z powrotem do U_l oraz także do $U_{l'}$ według schematu:

$$U_l \leftrightarrow U \leftrightarrow U_{l'} \quad (l' \neq l), \tag{1}$$

gdzie $l, l' = 1, 2, \ldots$, a strzałki oznaczają obustronny przekaz informacji. Schemat ten oznacza, że przekaz informacji odbywa się wyłącznie pomiędzy U_l a U. Nie ma natomiast bezpośredniego przekazu informacji pomiędzy umysłami U_l i $U_{l'}$, z pominięciem U.

- Zasady teorii kwantów odnoszą się tylko do reguł przekazu informacji według schematu (1). Nie dotyczą one samej natury umysłów U_l ani umysłu U, które są niepoznawalne metodami fizycznymi.
- Zbiór umysłów $\{U_l\}$ sądzi, że znajduje się w jednej przestrzeni tworzącej wszechświat, ponieważ otrzymuje od umysłu U wzajemnie skorelowane i uporządkowane informacje według reguł, które odbiera jako prawa przyrody.

W takim ujęciu wszechświat jest systemem informatycznym, w którym *hardware* (substancje umysłowe) jest niepoznawalne metodami fizycznymi. To, co stanowi zakres zainteresowania fizyki, to tylko *software* (reguły przetwarzania i przekazu informacji). W takim podejściu niepotrzebna jest, podobnie jak w rzeczywistości wirtualnej, materia – bierna, nieświadoma substancja. Pojęcie materii jest po prostu zbędne. Jeżeli jest to prawdą, to nie istnieje żadna niezależna od substancji umysłowych, nieświadoma substancja materialna przejawiająca rzeczywiste oddziaływanie. Przyroda oczywiście istnieje jako zjawisko, a w przyrodzie obserwuje się jednostajność (regularność zachowań) - obowiązują zasady teorii kwantów. Umysł U jest bezustannie aktywny, tworząc i przetwarzając informacje, które dla nas ludzi, konstytuują wszechświat. Z tego punktu widzenia wszechświat to epifenomen – rzeczywistość wtórna w stosunku do substancji umysłowych.

Zaproponowany metafizyczny model rzeczywistości (1) jest oczywiście niezgodny z metafizyką materialistyczną, wyrosłą u boku metodologii fizyki, lecz nie tożsamą z nią. Z tego powodu może wydawać się on trudny do zaakceptowania przez fizyków. Model (1) jednak w prosty sposób wyjaśnia wiele osobliwych cech fizyki kwantowej [3, 12], których nie są w stanie wyjaśnić materialistyczne modele metafizyczne. Tłumaczy on między innymi, dlaczego:

- każdy obiekt fizyczny można utożsamić ze skończonym zbiorem informacji [13];
- przed pomiarem nie istnieje (nawet teoretycznie) żadna wielkość fizyczna określająca daną cząstkę elementarną, która jest tylko zbiorem możliwości do takiego czy innego zaistnienia w momencie pomiaru – nie ma zjawiska kwantowego zanim go nie zaobserwujemy [1, 11, 14];
- w momencie pomiaru następuje skokowe, nieprzewidywalne i czasami także bezprzyczynowe (przyczyny są transcendentne względem naturalistycznej i matematyczno-empirycznej metodologii fizyki) przejście od tego, co możliwe do tego co rzeczywiste [11];
- zjawisko splątania stanów kwantowych oddalonych od siebie obiektów fizycznych świadczy o tym, że opis czasoprzestrzenny nie stanowi najgłębszego poziomu rzeczywistości [1,3];
- upływ czasu kosmicznego we wszechświecie generowany jest przez akty pomiaru (obserwacji) wywo-

łujące procesy R, powodowane przez odpowiedni przekaz informacji między substancjami umysłowymi, które nie podlegają prawom fizyki kwantowej [3].

We wszechświecie liczba obserwacji jest ogromna. Żaden umysł U_1 nie ma wiedzy o całym wszechświecie, lecz tylko o obserwowalnej dla niego części, będącej w mieszanym stanie kwantowym, opisywanej przez zredukowany operator gęstości [14] . Dlatego żadna obserwacja powodująca proces R nie umożliwia wyznaczenia wektora stanu całego wszechświata. Poszczególne procesy R powodują tylko małe zmiany tego wektora stanu. Z uwagi na nieprawdopodobnie wysoką degenerację stanów wszechświata o zerowej energii własnej [3], zmiany te są quasi-ciągłe i możemy opisać je za pomocą ciągłego parametru, który utożsamia się z czasem kosmicznym. Procesy, R są procesami nieodwracalnymi [1], dlatego również czas kosmiczny posiada tę cechę. W przybliżeniu quasi-klasycznym zmiany wektora stanu przyjmują formę ewolucji unitarnej U [3], która jest odwracalna, ponieważ ta ewolucja jest tylko przybliżonym opisem ewolucji wszechświata, wynikającym z sekwencji wielu procesów R.

Literatura

[1] R. Penrose, Droga do rzeczywistości. Wyczerpujący przewodnik po prawach rządzących Wszechświatem.(Pruszyński i S-ka, Warszawa 2006).

[2] J.B. Hartle, Grawitacja. Wprowadzenie do ogólnej teorii względności Einsteina (Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2010).

[3] Z. Jacyna-Onyszkiewicz, Kosmogeneza kwantowa (Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2008).

[4] A.A. Penzias and R.W. Wilson, Astroph. J. 142, 419 (1965).

[5] C.L .Bennett et al., http://arxiv.org/abs/1001.4758 (2010).

[6] S. Weinberg, Cosmology (Oxford University Press, Oxford 2008).

[7] A.G. Riess et al, Astron. J. 116, 1009 (1998).

[8] S. Perlmutter et al., Nature 391, 51 (1998).

[9] L.D. Landau, J.M. Lifszyc, Teoria pola (Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009).

[10] R. Omnes, The Interpretation of Quantum Mechanics (Princeton University Press, Princeton 1999).

[11] G. Auletta, Foundations and Interpretation of Quantum Mechanics (Word Scientific, Singapore 2001).

[12] Z. Jacyna-Onyszkiewicz, Concepts of Physics 4,263 (2007).

[13] Z. Jacyna-Onyszkiewicz, Nauka 3, 105 (2007).

[14] T. Paterek et al., Phys. Rev. Letters 99, 210406-1 (2007).

[15] Z. Jacyna-Onyszkiewicz, Zasady termodynamiki kwantowej (Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 1996).

Instytucje wspierające (Członkowie Wspierający)
Polskie Towarzystwo Fizyczne
(stan na dzień 11.01.2011)

Wydział Fizyki UW
Instytut Fizyki PAN
Centrum Fizyki Teoretycznej PAN
Instytut Fizyki Jądrowej PAN
im. H. Niewodniczańskiego
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Instytut Fizyki Molekularnej PAN
Międzynarodowe Laboratorium
Silnych Pól Magnetycznych i Niskich Temperatur
Wydział Fizyki PW
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH
Uniwersytet Szczeciński
Uniwersytet Śląski
Wydział Fizyki i Astronomii
Uniwersytet Wrocławski
Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej
Uniwersytet Jagielloński
Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego

66 lat niesłusznej infamii Jana Czochralskiego

Paweł E. Tomaszewski
Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN, Wrocław

Streszczenie: W czerwcu 2011 r. Politechnika Warszawska przywróciła cześć swojemu profesorowi i doktorowi *honoris causa* Janowi Czochralskiemu (1885-1953) zakwestionowaną 66 lat wcześniej w wyniku niepełnej i krzywdzącej oceny jego postawy podczas II wojny światowej. Odkrycie dokumentów wskazujących na współpracę prof. Czochralskiego z wywiadem Armii Krajowej ostatecznie przekonało senatorów Politechniki do zmiany dotychczas negatywnego stanowiska uczelni wobec Profesora.
Przedstawiony został skrótowy życiorys prof. Jana Czochralskiego i jego najważniejsze trzy dokonania: radiomikroskop, tzw. metal kolejowy B (czyli bezcynowy stop na panewki łożysk kolejowych), który zapewnił mu dobrobyt i słynna metoda otrzymywania monokryształów, która zapewniła mu trwałe miejsce w historii nauki.

66 years of Jan Czochralski's unjust infamy

Abstract: In June of 2011 the Warsaw Technical University (Politechnika Warszawska) exonerated its professor and doctor *honoris causa* Jan Czochralski (1885-1953) from the false accusations and restored his honors. These were questioned in the first decision of Academic Senate 66 years earlier as a result of incomplete and harmful evaluation of his position during WWII. The discovery of documents indicating prof. Czochralski's collaboration with the Polish Home Army (AK) intelligence unit led the Academic Senate to change its negative opinion of prof. Czochralski.
We present the short biography of Czochralski to highlight his three main discoveries: radiomicroscope, so-called railway metal B (tinless alloy for railway bearings), which secured a high standard of living for him, and famous „Czochralski method" of single crystal growth. By this last discovery he earned a place in the books of history of science.

Dzień 29 czerwca 2011 r. przejdzie do historii jako przełomowy w dziejach Politechniki Warszawskiej. Tego dnia Senat uczelni zdjął infamię z prof. Jana Czochralskiego (1885-1953) nałożoną *de facto* przez Senat Politechniki w grudniu 1945 r. Senat przyjął jednomyślnie uchwałę stwierdzającą, że „(...) uważa za konieczne przywrócenie Jego dobrego imienia, podważonego w Politechnice Warszawskiej w roku 1945 r.". W ten sposób zamknięto bolesny okres znaczącego milczenia o Janie Czochralskim, doktorze *honoris causa* Politechniki, twórcy słynnej metody otrzymywania monokryształów. Uchwała Senatu będzie teraz nowym wyznacznikiem w działaniach na rzecz upamiętnienia Czochralskiego – nikt już nie będzie mógł powoływać się na dotychczasowe negatywne stanowisko Politechniki.

Czy rzeczywiście trzeba było czekać 66 lat na tę odważną decyzję senatorów?

Politechnika Warszawska trwała przez dziesięciolecia w uporze godnym lepszej sprawy. Była jakby nieczuła na to, co się wokół niej działo. Poczta Polska wydała znaczek pocztowy, wydano banknot z podobizną Profesora, nadawane były cztery medale ... Nawet na samej Politechnice, Wydział Inżynierii Materiałowej (spadkobierca duchowy Czochralskiego) prowadził od wielu lat nadawanie Nagrody im. Jana Czochralskiego. W końcu na wystawie o przedwojennych profesorach Politechniki znalazła się – i dobrze – plansza poświęcona Czochralskiemu.

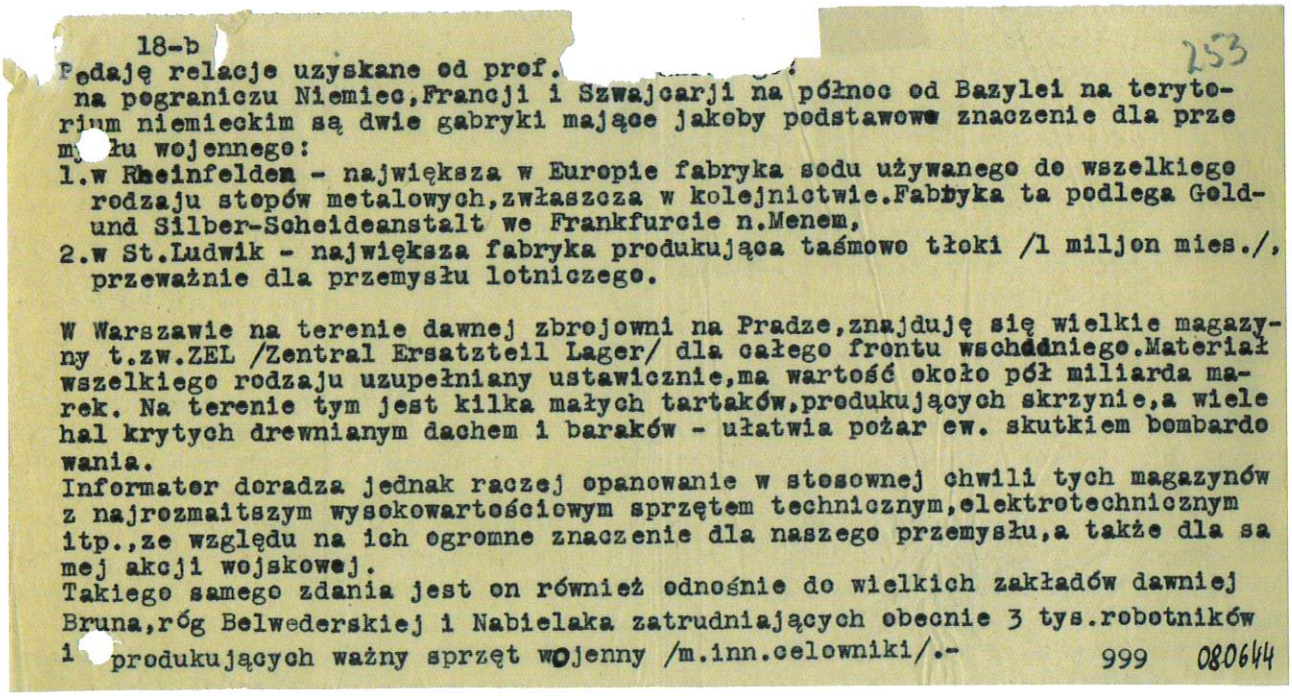
W sprawie oczyszczenia, czy wręcz swoistej rehabilitacji prof. Jana Czochralskiego na terenie jego macierzystej uczelni, sprawdziło się stare ludowe porzekadło - "do trzech razy sztuka".

Pierwsze starania podjęto na Politechnice Warszawskiej już (?) w 1984 r. Niestety, wyniki prac Komisji Historii i Tradycji Uczelni oraz ówczesnego dyrektora Biblioteki Głównej, nie zostały przekazane Senatowi. Na szczęście dzięki tym pracom zebrano obfity materiał dokumentacyjny, świadectwa wielu osób, które znały Profesora. To ważny dorobek, do którego wielokrotnie powracano.

Drugą próbę podjęto po odzyskaniu niepodległości, tj. w 1993 r. Tym razem poszło nieco lepiej - sprawa prof. Jana Czochralskiego trafiła na posiedzenie Senatu. Niestety, w uchwale z dnia 23 czerwca 1993 r. uznano tylko dorobek Profesora nie wycofując uchwały z 1945 r. Decyzja Senatu była nie tylko połowiczna, ale szybko okazało się, że jest tylko gestem bez znaczenia. Uchwałę schowano do sejfu rektora na tyle skutecznie, że dopiero po dziesięciu latach kolejny rektor przypadkiem dowiedział się o jej istnieniu. Zapadła wiele mówiąca cisza. Wprawdzie uznano dorobek Profesora, ale nawet nie zebrano wszystkich jego prac; uczyniono to dopiero w 2010 r. Liczne próby powrotu do bolesnej sprawy Profesora blokowano, szczególnie na macierzystym Wydziale Chemii, stwierdzeniem, że "obowiązuje nas uchwała Senatu z 1945 r.". Dobrze więc, że obecny rektor Politechniki, prof. Włodzimierz Kurnik, nie uznał tego za istotną przeszkodę w podjęciu nowych starań o przywrócenie czci prof. Czochralskiemu. Nie zawahał się rozpocząć trzecią próbę w lutym 2011 r. od przeprowadzenia naukowej kwerendy w archiwach i powołania zespołu w składzie: prof. Mirosław Nader, prof. Jacek Przygodzki, prof. Włodzimierz Zych i doc. Witold Mirski. Niezwykle cenne było osobiste zaangażowanie JM Rektora. Prowadzono rozmowy, poszukiwano nowych materiałów dokumentalnych i publicystycznych, które potrafiłyby przekonać senatorów, że decyzja ówczesnego Senatu obarczona była skazą tamtych czasów: nieświadomością faktów, brakiem swobody dyskusji obrony, brakiem dostatecznej wiedzy o zawiłościach okresu wojny i prawdziwych motywach postępowania Profesora. Sprawiło to, że ocena postawy Profesora w okresie okupacji była – jak dziś uważamy – zbyt powierzchowna i doprowadziła do krzywdzącej decyzji o wykluczeniu go z grona profesorskiego Politechniki.

Senacka Komisja ds. Historii i Tradycji oraz Senacka Komisja ds. Etyki Zawodowej przyjęły stosowne stanowiska i przedstawiły je Senatowi. Żadna z wątpliwości, jakie pojawiały się przy dotychczasowych próbach oceny postawy etyczno–moralnej prof. Czochralskiego nie znalazła potwierdzenia w jakichkolwiek dostępnych dowodach. Uznano, że wszystkie posądzenia miały charakter osobistych odczuć i domniemań, niczym nieudokumentowanych w dostępnych materiałach archiwalnych.

Nikt jednak nie przypuszczał, że dokonane zostanie kluczowe dla sprawy odkrycie. Kto wie, jak potoczyłyby się sprawy w Senacie (choć zmarli już najważniejsi oponenci), gdyby nie jedna mała karteczka znaleziona przez fachowców w zbiorach Archiwum Akt Nowych w Warszawie i przekazana

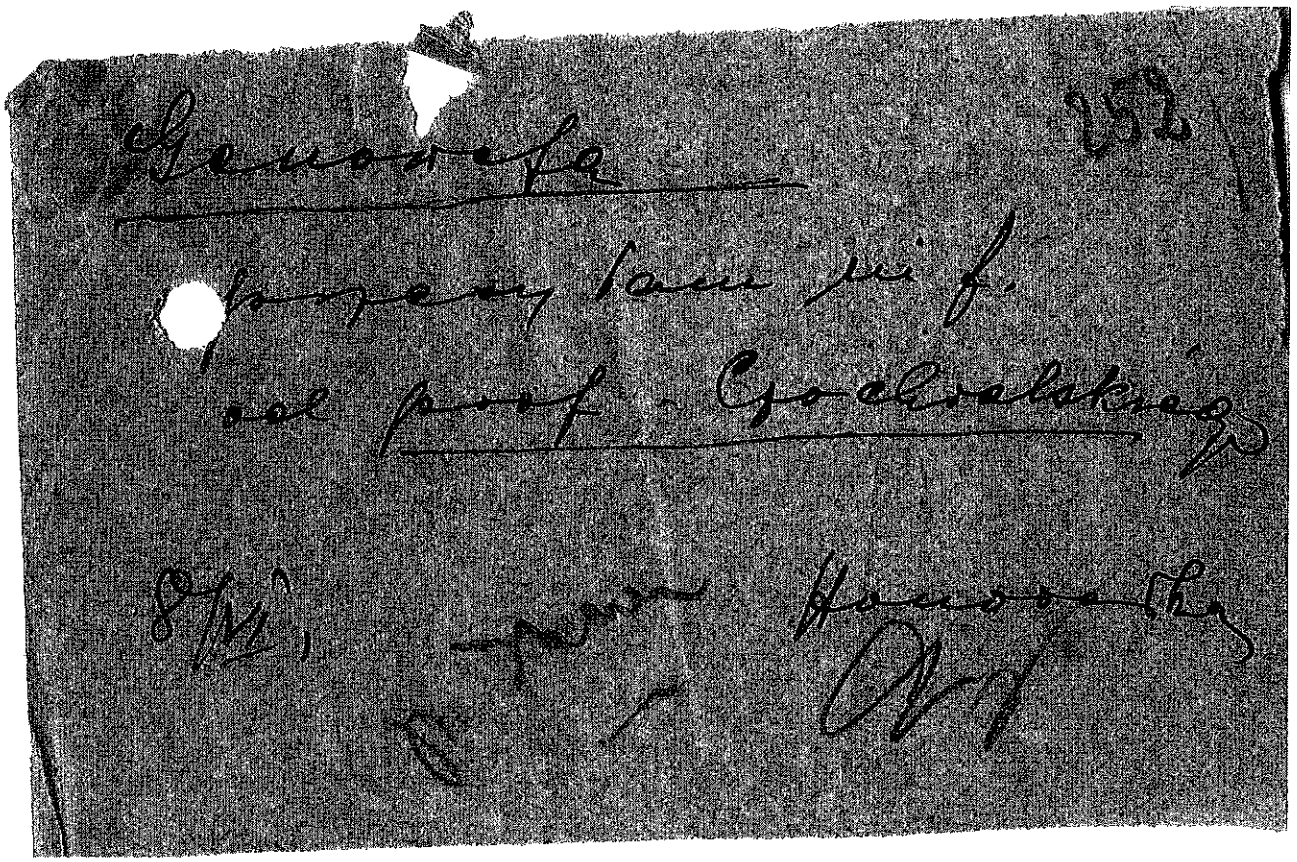


18-b 253

Podaję relacje uzyskane od prof. [illegible]
na pograniczu Niemiec,Francji i Szwajcarji na północ od Bazylei na terytorjum niemieckim są dwie gabryki mające jakoby podstawowe znaczenie dla przemysłu wojennego:
1.w Rheinfelden - największa w Europie fabryka sodu używanego do wszelkiego rodzaju stopów metalowych,zwłaszcza w kolejnictwie.Fabbyka ta podlega Gold- und Silber-Scheideanstalt we Frankfurcie n.Menem,
2.w St.Ludwik - największa fabryka produkująca taśmowo tłoki /1 miljon mies./, przeważnie dla przemysłu lotniczego.

W Warszawie na terenie dawnej zbrojowni na Pradze,znajduję się wielkie magazyny t.zw.ZEL /Zentral Ersatzteil Lager/ dla całego frontu wschodniego.Materiał wszelkiego rodzaju uzupełniany ustawicznie,ma wartość około pół miliarda marek. Na terenie tym jest kilka małych tartaków,produkujących skrzynie,a wiele hal krytych drewnianym dachem i baraków - ułatwia pożar ew. skutkiem bombardowania.
Informator doradza jednak raczej opanowanie w stosownej chwili tych magazynów z najrozmaitszym wysokowartościowym sprzętem technicznym,elektrotechnicznym itp.,ze względu na ich ogromne znaczenie dla naszego przemysłu,a także dla samej akcji wojskowej.
Takiego samego zdania jest on również odnośnie do wielkich zakładów dawniej Bruna,róg Belwederskiej i Nabielaka zatrudniających obecnie 3 tys.robotników i produkujących ważny sprzęt wojenny /m.inn.celowniki/.- 999 080644

Ryc. 1. Meldunek dla AK oparty na informacjach dostarczonych przez prof. Czochralskiego (jego nazwisko zostało niedokładnie usunięte) (Archiwum Akt Nowych, Warszawa)



Ryc. 2. Pismo przewodnie dla meldunku przedstawionego na Ryc. 1 (Archiwum Akt Nowych, Warszawa)

Rektorowi Politechniki w dniu 9 czerwca 2011 r., a więc w ostatniej chwili przed posiedzeniem Senatu. Dyrektor AAN, dr Tadeusz Krawczak, uznał, że odnaleziony meldunek wymieniający z nazwiska prof. J. Czochralskiego, wraz z dołączonymi doń informacjami wywiadowczymi Profesora, potwierdza współpracę prof. Czochralskiego z Oddziałem II (wywiadem) Komendy Głównej AK. To przeważyło szalę na korzyść Czochralskiego. Szkoda tylko, że tak wielki nacisk położono na odnalezione dokumenty jakby zapominając o innych ważnych aspektach postępowania Czochralskiego. Uważam, że umorzenie śledztwa w 1945 r. było ważniejsze, bo wskazywało na brak dowodów na szkodliwą dla Polski i Polaków współpracę Czochralskiego z Niemcami. Ale nie tylko odnalezienie powyższych dokumentów jest istotne dla „sprawy Czochralskiego". Ważne jest także to, że nie znaleziono nazwiska Czochralskiego na licznych (i niestety dość bogatych) listach osób podejrzanych o kolaborację z Niemcami czy wśród zachowanych donosów.

W zbiorach archiwalnych Polskiego Państwa Podziemnego, wśród 250 tysięcy dokumentów, znaleziono meldunek Referatu 999 „Korweta" (kierowanego przez prof. Stanisława Ostoję Chrostowskiego, ps. "Korweta") przesłany do Wydziału Bezpieczeństwa i Kontrwywiadu Oddziału II KG AK (kierowanego przez ppłk. Bernarda Zakrzewskiego, ps. "Oskar") oparty na informacjach dostarczonych przez prof. Czochralskiego (jego nazwisko zostało niedokładnie usunięte) (Ryc. 1).

Meldunek ten jest załącznikiem do pisma przewodniego (Ryc. 2) z dnia 8 czerwca 1944 r. z Wydziału Bezpieczeństwa i Kontrwywiadu Oddziału II KG AK, kryptonim wewnętrzny "Honoratka", do Biura Studiów Propagandy i Nastrojów Oddziału II KG AK, kryptonim "Genowefa".

Warto zauważyć, że prof. Stanisław Ostoja Chrostowski, ps. "Korweta", był znanym rzeźbiarzem, malarzem i grafikiem, profesorem, a po wojnie rektorem ASP w Warszawie, zdobywcą brązowego medalu olimpijskiego w Berlinie w 1936 r. w zakresie sztuki za drzeworyt zatytułowany ... "Korweta". Jego córka i żona były łączniczkami w tym Referacie. Wydaje się więc oczywistym, że prof. Czochralski mógł osobiście na tyle dobrze znać Ostoję Chrostowskiego (przecież obracał się w kręgach artystycznych Warszawy), by to jemu przekazać wiadomości, które znalazły się w meldunku z 8 czerwca 1944 r. Trzeba też pamiętać, że był to "kolega profesor" a nie tylko artysta. W tamtych czasach było to bardzo ważne. Dlatego nie przypuszczam, by Czochralski korzystał z jakiegoś pośrednika w dostarczeniu tej informacji, raczej zrobił to bezpośrednio.

Warto przypomnieć, że pierwsze informacje o współpracy Jana Czochralskiego z polskim wywiadem przedstawił już w maju 2004 r. red. Stefan Bratkowski odwołując się do wspomnień swej matki,

przedwojennego pracownika polskiego wywiadu: "Czochralski przeniósł się do Polski, bo mu już niemiecki kontrwywiad deptał po piętach, nasi ludzie pomagali mu się przenieść. W Warszawie nadal współpracował z naszą armią w różnych tajnych programach (...)". Przez pryzmat tego odkrycia inaczej spojrzałem na życiorys Jana Czochralskiego. Klocki jego układanki zaczęły dobrze pasować do siebie. Wiele jakby oderwanych od siebie faktów znalazło swoje spójne wyjaśnienie; zrozumiałym stał się też dramat powojenny. W artykule opublikowanym w miesięczniku "Odkrywca" w grudniu 2008 r. pytałem czy można znaleźć jakieś dowody materialne na współpracę Czochralskiego z wywiadem. Czy wszystko pozostać miało tylko w sferze analizy faktów? Nieoczekiwanie, odnalezione w czerwcu meldunki AK, potwierdziły wcześniejsze analizy. Senatorowie nie mieli już wątpliwości a odnalezione dokumenty nakładały na nich, zdaniem prof. M. Nadera, moralny obowiązek dokonania bezwzględnej rewizji dotychczasowych opinii na temat prof. Jana Czochralskiego. Nasuwa się tylko gorzka refleksja –

Ryc. 3. Profesor Jan Czochralski z żoną Małgorzatą w Mariańskich Łaźniach, 15 lipca 1937 r. (archiwum Autora)

czy musiało upłynąć aż 18 lat niepodległości, by zakończyć sprawę, zdjąć infamię z Profesora?

Ciesząc się z decyzji Senatu uważam jednak, że zabrakło jednego wyraźnego gestu – przeproszenia za utrzymywanie Profesora przez tyle lat w niepamięci, stwierdzenia, że 66 lat infamii było jednak błędem. Wprawdzie obie Komisje senackie wyraziły ubolewanie z powodu moralnej krzywdy wyrządzonej Profesorowi, ale to zdanie nie znalazło się w końcowym tekście Uchwały senackiej.

***

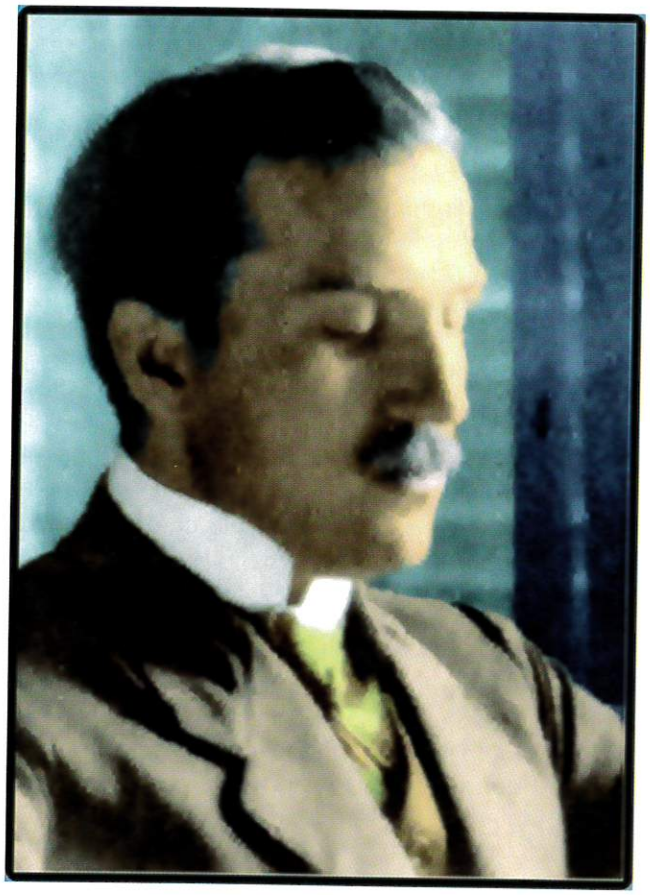
Przypomnijmy kim był prof. Jan Czochralski, że aż przez tak wiele lat Politechnika Warszawska broniła się przed nim?

Jan Czochralski urodził się 23 października 1885 r. w małym miasteczku Kcyni na Pałukach, na wschodnich krańcach pruskiego imperium. Ukończył tamtejsze Seminarium Nauczycielskie a następnie wyjechał by terminować w aptekach-drogeriach i zdobywać doświadczenie chemika, aptekarza, materiałoznawcy i uczonego. Przez kilka lat pracował w Berlinie w laboratoriach koncernu AEG, gdzie zajmował się badaniami metalograficznymi aluminium i jego stopów. W 1917 r. został kierownikiem wielkiego laboratorium metaloznawczego koncernu Metallbank und Metallurgische Ges. AG we Frankfurcie nad Menem. Wobec grożącej dekonspiracji polski wywiad wojskowy ewakuował go z Niemiec w 1928 r. Objął wówczas posadę profesora na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej i zorganizował m.in. Instytut Metalurgii i Metaloznawstwa pracujący dla wojska. Otrzymał jeden z pierwszych doktoratów honorowych nadanych przez Politechnikę. Podczas wojny kierował jednym z tzw. zakładów badawczych czyli firm usługowych utworzonych przez profesorów Politechniki i Uniwersytetu. Po uniemożliwieniu mu w grudniu 1945 r. powrotu na uczelnię, rozgoryczony przeniósł się na stałe do rodzinnej Kcyni i uruchomił tam Zakłady Chemiczne "BION" produkujące, na bazie własnych receptur, różnego rodzaju wyroby kosmetyczne i drogeryjne. Tak zamknęło się koło dziejów Jana Czochralskiego: Kcynia-Berlin-Frankfurt-Warszawa-Kcynia. Zmarł w zapomnieniu 22 kwietnia 1953 r. i chyba nie wiedział, że za oceanem zaczął się triumfalny marsz metody nazwanej jego imieniem. Dopiero w 1998 r. na jego grobie pojawiła się tablica z nazwiskiem a jego popiersie wykonane w czasie wojny przez Alfonsa Karnego jest do dziś wystawiane jako bezimienna „Głowa naukowca".

Rozległość zainteresowań i bogactwo dokonań nie tylko naukowych sprawiają, że zapewne długo jeszcze będziemy odkrywać właściwy obraz tego prawdziwie renesansowego uczonego. Jego dorobek czeka nadal na wnikliwe zbadanie przez fachowców. Obok Mikołaja Kopernika, Marii Skłodowskiej-Curie, Mariana Smoluchowskiego i Kazimierza Fajansa chyba jeszcze tylko Jan Czochralski doczekał się trwałego miejsca nie tylko w historii fizyki i chemii, lecz i we współczesnej terminologii naukowej.

Publikował prace nie stroniąc od tematów trudnych i nowych. Jego osiągnięcia były znaczące i wyznaczały nowe drogi w nauce i technologii. I dziś jego tematy nie straciły na aktualności; stosuje się tylko nowoczesną aparaturę. Lista publikacji Czochralskiego obejmuje blisko sto pozycji. Był też autorem lub współautorem kilkudziesięciu patentów. Zainteresowania naukowe Jana Czochralskiego dotyczyły szeroko pojętego metaloznawstwa; zresztą to on był twórcą nazwy „Metallkunde" czyli „metaloznawstwo".

Według dzisiejszych standardów można przyjąć, że Jan Czochralski zajmował się wszystkimi aspektami prac naukowych. Prowadził badania podstawowe doświadczalne (rekrystalizacja metali, po-



Ryc. 4. Jan Czochralski w Berlinie, około 1907 r. [portret, fragment owalnego zdjęcia] (archiwum Autora)

miary szybkości krystalizacji, pomiary wielkości ziaren krystalitów, anizotropia twardości monokryształów), pisał prace teoretyczne (opisy rekrystalizacji materiałów poddanych działaniu wysokiej temperatury i dużych naprężeń, anizotropia twardości monokryształów opisywana modelami trójwymiarowymi, przebieg deformacji i podwaliny teorii dyslokacji) oraz zajmował się badaniami stosowanymi (otrzymywanie i oczyszczanie aluminium, otrzymywanie nowych stopów o zadanych własnościach, otrzymywanie brązów i mosiądzów na zawory i pierścienie tłokowe, domieszkowanie stopów, ich uszlachetnianie przez modyfikowanie metalami alkalicznymi i metalami ziem alkalicznych, badanie korozji metali w różnych warunkach). Do rozwiązywania postawionych problemów często musiał opracowywać nowe metody badawcze lub znane przenosić z innych dziedzin nauki.

Prof. Jan Czochralski był pionierem tego, co dziś nazywamy transferem technologii. Stale podkreślał rolę nauki i badań podstawowych (m.in. fizyki i chemii) w rozwoju przemysłu. Ale nie tylko wielkiego przemysłu. Zakłady Chemiczne "BION" produkowały wśród różnego rodzaju wyrobów m.in. słynny „proszek od kataru z Gołąbkiem" i płyn do trwałej ondulacji. Był też znany z tego, że zadziwiał rodzinę i znajomych przyrządzaniem znakomitych nalewek i potraw także z roślin i grzybów uważanych za niejadalne czy nawet trujące!

Interesował się także popularyzacją nauki (m.in. współtworzył Muzeum Techniki w Warszawie), sztuką i kulturą (podobno pomagał restaurować dworek Szopenów i finansował wykopaliska w Biskupinie). Pisał wiersze; niebawem ukaże się reprint jednego ze zbiorów zatytułowanego „Maja. Powieść miłosna".

Jan Czochralski był człowiekiem niepospolitym i jest postacią wzbudzającą nadal wiele emocji zarówno w kraju, jak i poza jego granicami. Mimo wielu uznanych osiągnięć naukowych i technicznych, przez wiele lat pozostawał w swoistym zapomnieniu podtrzymywanym przez działania jego przeciwników, torpedujących wszelkie próby jakiegokolwiek przypominania, że istniał taki polski uczony. Szkoda, że artykuły prasowe nadal podkreślają i niejako ugruntowują przekonanie czytelników, że Czochralski jest nadal nieznany i zapomniany. Wystarczy wymienić kilka „nośnych" tytułów: zapomniany geniusz, genialny samouk, uczony bez matury, uczony, którego nie ma, czy ostatnio – wyklęty odkrywca.

Niechęć do Profesora podtrzymywana w pewnych kręgach przez tyle dziesięcioleci wynikała z faktu posiadania obywatelstwa niemieckiego (przywróconego mu przez Niemców w czasie wojny) i z oceny jego postawy podczas wojny nacechowanej jakoby współpracą z okupantem. Prof. Czochralski nie poddał się jednak naciskom ze strony Niemców, którzy chcieli w nim widzieć jakiegoś pośrednika między władzami okupacyjnymi a Polakami. Jego postawa była jednoznaczna – współpracy nie podjął. Natomiast swoją znajomość Niemców wykorzystał inaczej. Na prośbę pracowników i za wiedzą rektora uczelni zorganizował na Politechnice Warszawskiej pierwszy z tzw. zakładów badawczych czyli firm usługowych utworzonych przez profesorów Politechniki

Ryc. 5. Prof. Jan Czochralski w swoim gabinecie na Politechnice Warszawskiej [stoi przy biurku] (archiwum Autora)

i Uniwersytetu. Zakład zapewniał pracę i bezpieczeństwo (wydając tzw. „mocne" dokumenty) kilkudziesięciu osobom z okupowanej Warszawy, pracownikom Politechniki i Chemicznego Instytutu Badawczego oraz fikcyjnie zatrudnionym członkom Armii Krajowej. Współpraca z AK, wydobywanie osób uwięzionych przez Niemców, pomoc dla getta żydowskiego w Warszawie, pomoc literatom i artystom (m.in. „Czwartki literackie"), ratowanie zbiorów niszczonych muzeów czy ratowanie majątku Politechniki po Powstaniu Warszawskim – stanowiły razem naturalny rys działalności okupacyjnej Czochralskiego.

Wspomniany Zakład Badań Materiałów wbrew swej nazwie, był placówką usługową pracującą na rzecz instytucji cywilnych (m.in. miejskich) i wojskowych (tu zwykle nie wykonując należycie i na czas zleconych prac). Prowadzone były też prace na rzecz Armii Krajowej (produkcja elementów do granatów, niszczenie fragmentów V-1 zbadanych przez kolegów z AK). Profesor stale narażał się na niebezpieczeństwo pozorów współpracy z okupantem, ale uważał to za swój obowiązek wobec Ojczyzny. I rzeczywiście cenę zapłacił ogromną.

Na szczęście nie wszyscy uważali Czochralskiego za kolaboranta mimo wielu nacisków z różnych stron. Wypada podkreślić pozytywną rolę środowiska krakowskiego. To tu już w 1956 r. prof. Kazimierz Gierdziejewski zbierał materiały (relacje i wspomnienia) do pierwszego życiorysu Czochralskiego. To tu w 2000 r., dzięki prof. Ryszardowi Ciachowi i Fundacji Rozwoju Nauk Materiałowych, wręczono pierwsze Złote Medale Jana Czochralskiego za osiągnięcia w materiałoznawstwie (przekazane później w gestię Europejskiego Stowarzyszenia Badania Materiałów; E-MRS). W tym roku Nagrodę Czochralskiego (dyplom i stosowny medal) E-MRS przyznało prof. Federicowi Capassowi z USA.

Ryc. 6. Jan Czochralski z rodziną we Frankfurcie n. Menem, około 1923 r. (archiwum Autora)

***

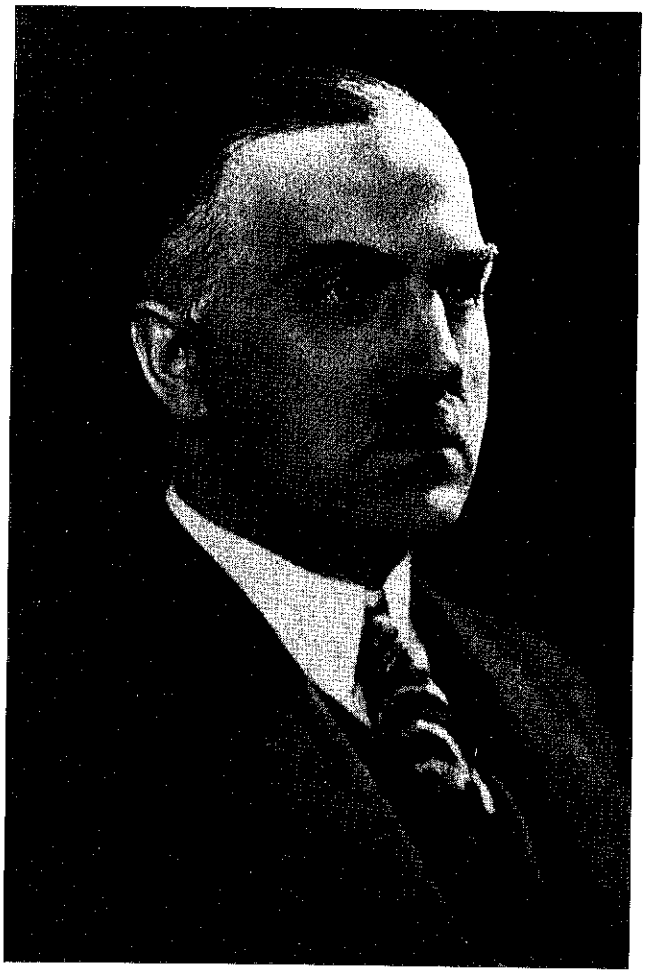
Jan Czochralski zawdzięcza swoją sławę przypadkowemu odkryciu, jakiego dokonał w 1916 r. podczas prac nad badaniem **szybkości krystalizacji metali.** Potrafił dostrzec wagę zjawiska niewystępującego w przyrodzie a przypadkowo wymuszonego, i wykorzystać je do swoich celów. W jednej ze swoich publikacji naukowych nawet pisał o „zadziwiającym przypadku", który doprowadził go do opracowania metody pomiaru szybkości krystalizacji, a raczej poszukiwania największej szybkości krystalizacji uważanej za pewną stałą materiałową. Legenda rodzinna wspomina o piórze zanurzonym w tyglu z cyną zamiast w kałamarzu z atramentem – z wyciągniętej stalówki zwisła cienka nić zestalonego metalu; później okazało się, że jest to monokryształ.

W 1948 r. Amerykanie Gordon K. Teal i inż. John B. Little z Bell Telephone Laboratories w Murray Hill, NY, użyli aparatu Czochralskiego do uzyskiwania dużej ilości dużych kryształów germanu, a od 1951 r. krzemu, potrzebnych do produkcji tranzystorów. Wymagało to dopracowania szczegółów technicznych nowej instalacji. Ulepszenia zostały opatentowane i tak zaczęła się zawrotna kariera „metody Czochralskiego" otrzymywania monokryształów zapewniając jej autorowi trwałe miejsce w historii nauki i techniki, równocześnie lokując go na czele listy najczęściej wymienianych nazwisk polskich uczonych. Warto pamiętać, że już wcześniej stosowano tę metodę do otrzymywania monokryształów metali; Teal i Little przenieśli metodę Czochralskiego z metalurgii do fizyki półprzewodników i do przemysłu elektronicznego.

Metoda doprowadziła do rewolucji elektronicznej, która dramatycznie zmieniła życie codzienne, bez której trudno byłoby sobie wyobrazić rozwój elektroniki, dzisiejsze technologie oraz technikę półprzewodników. Nie bez powodu niektórzy nazywają Jana Czochralskiego „praojcem elektroniki" a nawet „Kopernikiem elektroniki".

Sam Czochralski mówił o „metodzie kapilary", nigdy jej nie opatentował i nie czerpał z niej żadnych zysków. Ale to właśnie ta metoda uczyniła sławnym jego nazwisko, choć przez dziesięciolecia prawie nikt nie wiedział kim był ów tajemniczy Czochralski. Dopiero w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku udało się rozpocząć żmudny proces przywracania pamięci o tym wielkim polskim uczonym, techniku i praktyku, metalurgu i metaloznawcy o szerokich zainteresowaniach humanistycznych, o podejściu menadżerskim a także mecenasie sztuki.

Metoda otrzymywania monokryształów zwana **metodą Czochralskiego** polega na zanurzeniu małego krystalicznego zarodka (dawniej po prostu kapilary) w tyglu wypełnionym stopionym materiałem, a następnie na powolnym wyciąganiu tego zarodka ze stopu z taką szybkością, by nie został zerwany kontakt wyciąganego kryształu ze stopem. Na za-



Ryc. 7. Jan Czochralski w Warszawie, lata trzydzieste (archiwum Autora)

rodku narastają w sposób uporządkowany kolejne warstwy kryształu; dlatego metoda gwarantuje otrzymywanie monokryształów o wysokiej jakości przy minimalnych kosztach. Odpowiedni dobór szybkości wyciągania, wzajemny obrót kryształu i tygla, rozkład temperatur w tyglu, odpowiednia atmosfera i wiele innych parametrów technicznych wpływają na rozmiary i jakość otrzymywanego monokryształu. W sposób kontrolowany można też do kryształu wprowadzać pożądane domieszki. Największe kryształy otrzymywane metodą Czochralskiego sięgają naprawdę wielkich rozmiarów (monokryształy krzemu: długość około 2 metrów przy średnicy 40 cm i wadze 300 kilogramów).

Metoda Czochralskiego, to nie jedyne znaczące osiągnięcie tego niepospolitego Polaka. Spośród kilkunastu odkryć Czochralskiego i opracowanych przez niego metod lub przyrządów, jeszcze co najmniej dwa zasługują na specjalną uwagę, bo pokazują także jak kapryśny bywa los.

Pierwszym jest tzw. **radiomikroskop** opracowany w 1925 r. jako połączenie najprostszego układu odbiorczego z mikroskopem metalograficznym. Genialny pomysł tzw. skanowania powierzchni próbki wykorzystany przez Czochralskiego do poszukiwania niemetalicznych wtrąceń w próbkach metalu zaczerpnął z popularnych wówczas kryształkowych odbiorników radiowych. W urządzeniu Czochralskiego również ważne było znalezienie ziarna niemetalicznego ale cel był inny – ustalenie położenia i wielkości takich ziaren na powierzchni płaskiej próbki. Odbiór audycji radiowej był tylko potwierdzeniem, że igła natrafiła na poszukiwane ziarno. Po wielu latach za pomysł ten wykorzystany w tzw. skaningowych mikroskopach analizujących przyznano w 1986 r. Nagrodę Nobla z fizyki G. Binnigowi i H. Rohrerowi.

Czochralski zrobił majątek na innym swoim odkryciu, nad którym pracował 12 lat. W 1924 r. opatentował tzw. **metal B** czyli bezcynowy stop na panewki do ślizgowych łożysk kolejowych. Ale i tym razem nikt nie łączył genialnego wynalazku z osobą Czochralskiego – w oryginalnym patencie nie było nawet jego nazwiska. Korzystający z kolei w Niemczech, Anglii, USA czy ZSRR oraz w Polsce do końca lat sześćdziesiątych nie wiedzieli komu zawdzięczają sprawne kursowanie pociągów. Dochody m.in. z tego patentu sprawiły, że Czochralski należał do zamożnych obywateli. Część funduszy przeznaczył na skupowanie cennych dzieł znanych artystów. Jego dom stał się swoistą galerią, małym ale bogatym muzeum sztuki.

Teraz przyszedł czas na działania zgodnie z tegoroczną uchwałą: „Senat zwraca się do Rektora i całej społeczności akademickiej Uczelni o podjęcie działań przypominających postać i dokonania prof. Jana Czochralskiego, w celu zapewnienia mu należnego miejsca w historii Politechniki Warszawskiej i nauki w Polsce". Czy Politechnika – jak chcą niektórzy – otrzyma imię swojego doktora honorowego, prof. Jana Czochralskiego? Czy jego pomnik stanie w Auli Politechniki (a jest tam jedno wolne miejsce!)? Czy znajdą się fundusze na dokończenie filmu o Profesorze? Czy wreszcie zostaną podjęte poważne poszukiwania w archiwach niemieckich, czy uda się sprowadzić z USA archiwum rodzinne Profesora?

Moim marzeniem jest też utworzenie funduszu stypendialnego im. Jana Czochralskiego dla młodych naukowców. Profesor fundował stypendia dla polskich studentów zarówno w Niemczech jak i w Polsce. Warto to kontynuować. Czy uda się zachęcić (skłonić?) do dobrowolnych wpłat wielkie i małe firmy elektroniczne i komputerowe, które bezpłatnie (!!) korzystają z odkrycia Czochralskiego?

3 września 2011 r.

Źródła wewnętrzne matematyki

Jerzy Mioduszewski
Instytut Matematyki, Uniwersytet Śląski

Streszczenie: Czy matematyka wnosi coś do poznania? W sposób wyraźny pytanie to postawił Kant. Dedekind, ostatni z kręgu Gaussa, podjął się w słynnym dziele „Was sind und was sollen die Zahlen?" eksperymentu myślowego, który miał dowieść, że liczba może być rozumiana jako coś, co nie zależy od zjawisk takich, jak przestrzeń i czas, że jest wytworem „świata naszych myśli", a zatem wytworem samej matematyki, wbudowanej w nas wewnętrznie.

Inner sources of mathematics

Abstract: Are there contributions of mathematics to the knowledge? This problem was certainly presented by Kant. It appeared later in the famous „Was sind und was sollen die Zahlen?", where Dedekind - the last student of Gauss – performed a thought experiment in order to show that the number can be produced in our mind without referring to events of the nature, in particular without referring – contrary to Kant's suggestions – to the space and time. According to Dedekind, the number is a creation of „our Gedankenwelt", thus it is a creation of the mathematics itself, regarding mathematics as a sense imprinted in our mind.

Co matematyka wnosi do poznania? W sposób wyraźny pytanie to postawił Kant. W szczególności, czy pojęcia takie jak przestrzeń i czas, mogłyby być uważane za pojęcia matematyczne, niezależne od zjawisk? Nie rozstrzygając tego pytania, był skłonny uważać, że pojęcie liczby jest wbudowane w pojęcia przestrzeni i czasu. Wszakże współczesny mu Moses Mendelssohn przypisywał liczbie status niezależny. Na początku XIX wieku matematycy niemieccy zauważyli, że ich matematyka jest matematyką pojęć, czym różni się od francuskiej, która jest kalkulacyjna. Zauważył to Riemann w liście do jednego z przyjaciół. Mógł mieć na myśli rozwijającą się, a zapoczątkowaną przez Cauchy'ego, analizę matematyczną. Ale bardziej istotnym argumentem byłaby wszakże algebra, która za sprawą Gaussa nabrała już wtedy charakteru niezależnej abstrakcyjnej dyscypliny matematycznej. Stało się to już z pojawieniem teorii Gaussa liczb zespolonych. Wkrótce potem Gauss zwrócił uwagę na kratę liczb zespolonych $a + bi$ z całkowitymi a i b, w której rozważał pojęcie podzielności, a po wyodrębnieniu jednostek, pojęcie liczby pierwszej. Wkrótce potem pojawiły się kraty ogólniejsze, np. złożone z liczb $a + b\sqrt{5}$ i. Nadal obowiązywało tu prawo rozkładu na czynniki pierwsze, ale np. liczba $6 = 2 \cdot 3$ miała jeszcze inny rozkład na czynniki pierwsze, $1 + i\sqrt{5}$ i $1 - i\sqrt{5}$. Tak powstawała algebraiczna teoria liczb. Matematyka zdolna więc była tworzyć obiekty swoich badań. Ich podstawą był system liczb naturalnych, ale natura tego systemu wymykała się wyjaśnieniu, co dało Kroneckerowi asumpt do jego słynnej frazy: liczby naturalne stworzył Pan Bóg, inne są sprawą matematyków. Dedekind, ostatni z kręgu Gaussa, podjął się w swoim słynnym dziele „Was sind und was sollen die Zahlen" pójść głębiej niż Kronecker. Podjął się eksperymentu myślowego, który miał dowieść, że liczba naturalna może być rozumiana jako coś, co nie zależy od zjawisk, takich jak przestrzeń i czas, że liczba jest wytworem „świata naszych myśli", a zatem jest czymś, co wbudowane jest w nas wewnętrznie. Współcześni nie zrozumieli idei Dedekinda, która tłumaczyła – jak będziemy starali się tu przedstawić – nie tylko naturę samej liczby, ale i jej dynamikę, oraz także wcześniejsze niż liczba pojęcie zbioru, nieco inne niż to, które przeszło do nas za pośrednictwem Cantora. Przyjrzenie się argumentacji Dedekinda daje także okazję wejrzenia w naturę matematyki, także poza ścisłym zakresem pojęć liczbowych. Już u Gaussa, w tle pojęć jego algebry, pojawia się pojęcie zbioru, ale na istotność tego pojęcia dla rozwinięcia idei algebry abstrakcyjnej, zwrócił uwagę właśnie Dedekind. W dziele „Vorlesungen über Zahlentheorie von P. G. Dirichlet. XI Supplement von R. Dedekind" z roku 1863 rozwinął ogólną teorię abstrakcyjnych systemów algebraicznych, sta-

nowiących do dzisiaj kanon jej pojęć. Liczba 5 indukuje w systemie liczb całkowitych zbiór liczb podzielnych przez 5. Mnożenia przez liczby całkowite nie wyprowadza z tego zbioru. W systemach ogólniejszych zdarza się, że zbiory o tej własności mogą się pojawić niezależnie od rozważania jakiejś konkretnej liczby w rodzaju 5. Uznając tego rodzaju zbiór za liczbę – idealną – rozszerzamy zakres pojęcia podzielności. W ten sposób, pojęcie zbioru – zawsze jednak jakiegoś konkretnego zbioru z konkretnego kontekstu elementów – wkracza do matematyki na pełnych prawach jej obiektu rozważań. Wspomniany eksperyment myślowy Dedekinda dotyczy „świata S naszych myśli" traktowanego jako zbiór myśli wraz z operacją „myślenia o". Nie wychodząc poza ten zbiór, możemy myśleć o myśli już pomyślanej, pomyśleć z kolei myśl o tej myśli, nie zatrzymując się w powtarzaniu tej operacji. Dostajemy operację, która zbiór S przesuwa w sobie „o jedną myśl dalej", przekształcenie mające charakter odpowiedniości wzajemnie jednoznacznej zbioru S w podzbiór zbioru S, mniejszy o jedną myśl (tę początkową) od S. Dedekind konkluduje: zbiór S jest zbiorem nieskończonym w sensie wcześniej wypracowanego przez siebie pojęcia. Można pomyśleć zbiór minimalny, zamknięty ze względu na operację „myślenia o" mający wszystkie cechy ciągu liczb naturalnych 1, 2, 3, ... z operacją „+1", inicjowanego magicznym początkowym „ja". System liczb naturalnych może więc powstać – według Dedekinda (argumentację mocno uprościliśmy) – bez wychodzenia poza „świat naszych myśli". Sam zwrot „świat naszych myśli" – „unsere Gedankenwelt" – nie był jak się zdaje oryginalnym zwrotem Dedekinda. Używał tego zwrotu Frege, przypisując go Lotzemu, nieco starszemu od Dedekinda, a – jak się okazało – używał tego zwrotu również Bolzano. Patrząc także w inne miejsca dzieła Dedekinda, widzimy je zanurzone w nurt dziewiętnastowiecznej filozofii niemieckiej, co różni je od afilozoficznego i kalkulacyjnego, lepiej wszystkim znanego, systemu rozwijanego przez Cantora. Według Dedekinda, zbiór liczb naturalnych wchodzi do matematyki wraz z określoną na nim operacją „+1", a więc z całym znanym systemem indukcji, to znaczy z dynamiką tej operacji. Tę samą dynamikę ma cały zbiór S. Są w zbiorze S nie tylko łańcuchy indukcyjne, ale także inne fragmenty, np. w sobie zamknięte. Są w S także pary antynomialne, kiedy myśl orzeka o samej sobie. Jest sztuką wydobyć ze świata S podsystemy o charakterze matematycznym. Matematykiem, który rozumiał idee Dedekinda, był Zermelo {„Sur les ensembles finis et le principle de l'induction complete", Acta Math. 32 (1909), 185 – 193}. Dynamika dotyczy zbioru S, ale można z nią wyjść poza S, jeśli przyjąć, że S – oprócz myśli – gromadzi także obrazy zjawisk zewnętrznych, np. spostrzeżenia geometryczne, a w rezultacie myśli o tych zjawiskach. Świat S wychodząc poza siebie, karmi się zjawiskami zewnętrznymi, zaspakajając apetyty swej dynamiki, zachowując się wobec zjawisk tak, jak zachowują się nasze zmysły. Wyobrażenie o dynamice naszych myśli, które „myślą się same" – zwrot zapożyczony od Andrieja Bielego {autobiograficzna opowieść „Petersburg"}, niezależnie od nas, a także i wbrew nam, nie jest nam obca także z naszego życia codziennego, nie tylko matematycznego, kiedy jesteśmy przez nasze myśli prowadzeni, kiedy ulegamy przymusom myślowym, kiedy wreszcie zdarza się niektórym z nas być obdarzonymi niezrozumiałymi talentami, samolubnie w nas ulokowanymi. W matematyce zauważamy tę właśnie samolubność. Zostawiona sama sobie, pozbawiona kontaktu ze zjawiskami zewnętrznymi, ograniczona do pokarmu z wnętrza świata myśli, a więc do zbiorów i liczb, nie zaprzestaje aktywności, kierując ją na przykład ku badaniu własnych podstaw i tworzenia czystej architektury symboli. Ale dopiero kontakt z problemami zewnętrznymi jest tym, co ją prawdziwie zdobi. Podobnie jest z innymi dyscyplinami, które – jeśli samolubnie zamykają się w sobie – przyjmują postać nieoczekiwanie smutną. Jest zapewne tak dlatego, że świat jest światem ograniczonym do niewielkiej liczby symboli, a tak zwana „głębia" myśli ludzkiej samej w sobie nie jest duża. Być może i świat zewnętrzny okaże nam w końcu swoje granice i zarysuje „teorię ostateczną". Co wtedy będzie pokarmem nienasyconych jak dotąd naszych myśli? Eksperyment myślowy Dedekinda wskazuje na potrzebę zmiany kierunku w badaniu podstaw matematyki, chociaż chodzi teraz raczej o źródła niż początkowe zasady. Zgódźmy się z Arystotelesem, że tkwią one poza matematyką, i że jest to zadanie dla „filozofa", oczywiście rozumianego szeroko. Był nim w dalekiej przeszłości filozof przyrody, to jest fizyk. Był nim również inżynier, a obecnie przychodzi czas na biologa. Być może wrócimy do Leibniza, aby zrozumieć jak kontaktują się ze sobą monady, dlaczego tworzą zgodne ze sobą „światy S" , czy dzieje się to za sprawą sekretnego komunikowania się wzajemnego, czy z sił idących od wspólnego podłoża, czy też od kierującej nimi wspólnej idei? Nie od razu zwracamy uwagę na milczące założenie Dedekinda, że myśli są jednostkami, że „świat naszych myśli" jest z b i o r e m. Nie jest przecież oczywistością, że myślimy oddzielnymi sądami. W świecie S myśli bywają splątane, bywa, że myślą się same, a jest jeszcze stan kontemplacji, który nie ma cech zbioru, będąc c o n t i n u u m myślowym. Być może Kant, który wyprowadzał liczbę z pojęć o czasie i przestrzeni, miał na uwadze liczbę ciągłą? Liczbę ciągłą miał w swojej filozofii przyrody Newton. Oponował takiemu widzeniu przyrody Leibniz, wprowadzając pojęcie monady. Nie mamy u Leibniza ostrego podziału na ciągłe i dyskretne, lecz spotykamy się z pytaniem, dlaczego w świecie przyrody, który mógłby być idealnie jednorodny jak u Parmenidesa, po-

jawiają się zjawiska jednostkowe? Dlaczego również bieg myśli dopuszcza rozbicie na jednostki? Potrafimy pomyśleć myśl ciągłą, stan kontemplacji, który wydaje się stanem pierwotnym. W tym stanie jest samotny głaz. Kontemplacja jest czymś, co wyprzedza stan aktywności. Ale wyjście ze stanu kontemplacji ku aktywności, czego doświadczamy także w codzienności, nie zależy od nas. Czy kontemplacja jest w stanie sama wytworzyć myśli, to znaczy coś, co Dedekind zakładał na początku swego wywodu? Jest to stare pytanie o możliwość wyjścia z bezruchu, w tym wypadku z bezruchu myśli. Żadne spośród przekonań metafizycznych za tą możliwością nie przemawia. Wydaje się, że kontemplacja jest czymś, co jest podłożem naszych myśli, i tym, co nadaje im koloryt i sens, którego sama liczba nie ma, będąc jedynie rytmem, który wciela się w sytuacje, w przesuwające się przed nami obrazy, w szczególności i w te, które przedstawia nam wyobraźnia. Takimi obrazami są także liczby znane nam indywidualnie. Są liczby symbolizujące pary i trójki. Nie pojawiały się w naszej kulturze po kolei. Zapewne liczba 4 pojawiła się jako spostrzeżenie później niż 5. Wiele spostrzeżeń liczbowych dostarczała przyroda. Mogła sprawiać kłopot liczba 1 i mogła pozostawać niezauważona liczba 6, chociaż raczej wcześnie pojawiła się znana z Biblii liczba dziesięć tysięcy (zabitych Amalekitów)). Status matematyczny tych liczb nie różnił się od statusu figur geometrii. Nie o liczby indywidualne – pochodzenia geometrycznego, fizycznego i praktycznego – chodziło Dedekindowi w „Was sind und was sollen die Zahlen". Dedekind wyodrębnił ze świata S system, w istocie wzorzec systemu, a liczby będące wynikiem indywidualnych spostrzeżeń znalazły w nim swoje miejsce poprzez proste utożsamienie. Natura indukcyjna tych liczb nie od razu była rozpoznana, mogli jej nie rozpoznać Pitagorejczycy, ale na pewno była znana Eudoksosowi, kiedy tworzył teorię proporcji. System Dedekinda jest wzorcem myślowym, który odnajdujemy w rozmaitych postrzeganych sytuacjach, bądź w sytuacjach stwarzanych przez umysł, także na drodze kontemplacji. Wzorzec arytmetyczny potrafi na rozmaity sposób znaleźć dla siebie miejsce w spostrzeżeniowej – z natury kontemplacyjnej – geometrii. Odkładanie na prostej odcinka prowadzi do znanej arytmetyzacji prostej, o ile przypisze się jej własność zawartą w postulacie Archimedesa. Powstała w wyniku tego konstrukcja myślowa, dokonana w okresie jaki upłynął od Eudoksosa do Dedekinda, imituje dawne fizyczne continuum Arystotelesa. Niezależne od liczby, metafizyczne rozumienie continuum – takie, jakie mieli jeszcze Scholastycy – zostało zapomniane i zastąpione tworem arytmetycznym, którego arytmetyczna ewolucja trwa i przestaje być już kontrolowana przez dawne intuicje. Wzorzec liczbowy, wkraczając na nowy teren, nie liczy się bowiem z naturą podłoża i przekształca je według swoich potrzeb. Tą potrzebą jest zaspokojenie zmysłu, najczęściej estetycznego, a także teologicznego. Dla ich zaspokojenia teoria dawnego continuum Arystotelesa i Scholastyków dała nam dzieła sztuki w postaci zbiorów i funkcji, teorii funkcji rzeczywistych oraz zamknięcia teologiczne w postaci ogólnych zasad mechaniki. Naturalnym przedłużeniem arytmetyki jest algebra abstrakcyjna, której rozwój nie wydaje się być niczym ograniczony. Powstające w rytmie arytmetycznym algorytmy czerpią swoją egzystencję z dawnej „matematyki liczb i figur" (liczb rozumianych spostrzeżeniowo). Nie wiemy, czy ta egzystencja nie jest związana z jakąś nie naszą potrzebą. Siedliskiem opanowanej zmysłem arytmetycznym matematyki jest nadal „świat S naszych myśli". Ale świat S nie jest jednorodny. Ta jego część, która jest jego naturalnym podłożem, wydaje się odczuwać obecność wzorca arytmetycznego jako obcą i mającą charakter inwazji. Biologowie [Autor ma na myśli rozmowę z prof. Elżanowskim na tejże konferencji sprzed trzech lat] nie sądzą, by nasz umysł mógł utrzymać na czas dłuższy zdolność wchłaniania do świadomości informacji uzyskiwanych drogą arytmetycznych algorytmów. Wydaje się, że natura algorytmów, ich energia i szybkość, nie wywodzi się z naszego biologicznie świata. Już w wieku osiemnastym Moses Mendelssohn przestrzegał przed tą „inną nauką", jak nazywał arytmetykę. Wskazywał, że w odróżnieniu od geometrii, której figury po prostu są, ma ona zdolność wcielania się w rozmaitość sytuacji. Współczesnemu mu Kantowi wydawało się możliwym zamknąć pojęcie liczby w pojęciach fizycznych czasu i przestrzeni. U Dedekinda liczba wyrasta z zaszczepionego w nas zmysłu, zadaniem zaś podstaw matematyki jest zbadać biologicznie ten zmysł, jego podatność na wychwytywanie rytmu powtarzalności, który, jak się zdaje, jest pierwotnym rytmem świata, który wszakże wcale nie musi być istotą naszej ludzkiej natury. Przypomnijmy, że przed czymś takim przestrzegała nas Biblia.

K o m e n t a r z. Już we wczesnych dociekaniach co do natury liczby (rok 1854) Dedekind wyróżniał dwa jej aspekty, w istocie dwa różne jej wcielenia: liczbę kardynalną i liczbę porządkową. Są więc dwie liczby 5, jedna zdaje sprawę z ilości elementów zbioru, a druga z ich uporządkowania $1 < 2 < \ldots < 5$ (taką liczbę 5 miał na myśli Dedekind w „Was sind und was sollen die Zahlen"). Gdyby żył wtedy Felix Klein, nazwałby liczbę kardynalną niezmiennikiem przekształceń wzajemnie jednoznacznych. Tak ją później rozumiał Gottlob Frege. Istnienia liczby 5 nie wydobywał jednak ze „świata naszych myśli", lecz z formalnych rozważań nad zbiorami, widząc liczbę jako wspólną własność wszystkich zbiorów będących w odpowiedniości wzajemnie jednoznacznej (równoliczności) z konfiguracją spostrzeżeniową 5 (np. z konfiguracją

wierzchołków pięciokąta foremnego). Russell zwrócił uwagę na antynomialność pojęcia zbioru wszystkich zbiorów, co jakoby miało pogrążyć ideę Fregego. Ale ta antynomia nie przeszkadza nam w rozumieniu liczb takich, jak liczba 5, chociaż takie rozumienie uzależnia pojęcie liczby od geometrii. Pomyślmy wszakże sytuację, że nie mamy reprezentanta geometrycznego liczby. Może się to zdarzyć nawet w zakresie zbiorów skończonych. Sama abstrakcja relacji równoliczności nie wytwarza wzorca i to właśnie Cantor wypomniał Fregemu w znanej krytycznej recenzji. Wskazywał, że dla liczb kardynalnych – a miał na myśli również liczebności zbiorów nieskończonych – reprezentantami są wyróżnione przez niego tak zwane liczby początkowe w jego systemie liczb porządkowych rozciągniętym w pozaskończoność. Być może to nie antynomia Russella (zbioru wszystkich zbiorów), lecz ta uwaga Cantora (niezbyt zresztą jasna także dla Cantora w czasie, kiedy ją wypowiadał) mogła być przyczyną pesymizmu Fregego, nie co do poprawności, lecz co do wartości pojęcia liczby kardynalnej jako czystej abstrakcji nie mającej realizacji. Konstrukcja wspomnianych reprezentantów wymaga arbitralnego ograniczenia zakresu zbiorów, którym przypisuje się kardynalność, do zbiorów ustalonego uniwersum aksjomatycznej teorii zbiorów, co zapewnia tej konstrukcji poprawność, lecz odbiera jej walor uniwersalności.

KRONIKA

Nagrody PTF za rok 2011

1. Medal Mariana Smoluchowskiego otrzymuje prof. dr hab. **Krzysztof Pomorski** z Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie za całokształt osiągnięć w dziedzinie teorii dynamiki jądrowej, a w szczególności za pracę nad rozszczepieniem gorących i szybko rotujących jąder złożonych oraz pionierskie prace dotyczące własności jąder hipercięższych, i nad rolą efektów powłokowych i kolektywnych w dynamice jąder atomowych.
2. Nagrodę naukową PTF im. Wojciecha Rubinowicza otrzymuje dr hab. **Andrzej Rybicki** z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie za pionierski wkład w badania silnych i elektromagnetycznych efektów w peryferycznych zderzeniach jądro-jądro.
3. Nagrodę PTF I stopnia im. Arkadiusza Piekary za wyróżniającą się pracę magisterską otrzymuje mgr **Michał Januszewski** za pracę *Anomalous transport processes in Josephson junctions* wykonaną pod kierunkiem prof. dr hab. Jerzego Łuczki w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Śląskiego.
4. Nagrodę PTF II stopnia za wyróżniającą się pracę magisterską otrzymuje mgr **Mateusz Borkowski** za pracę *Optyczna kontrola oddziaływań międzyatomowych w ultrazimnym iterbie* wykonaną pod kierunkiem dr hab. Romana Ciuryło w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu.
5. Nagrodę PTF III stopnia za wyróżniającą się pracę magisterską otrzymuje mgr **Dominika Wawrzyńczyk** za pracę *Nanokoloidy $NaYF_4$ domieszkowane jonami neodymu Nd^{3+} - synteza, właściwości spektroskopowe oraz zastosowanie w termoterapii* wykonaną pod kierunkiem dr inż. Artura Bednarkiewicza w Zakładzie Spektroskopii Stanów Wzbudzonych w Instytucie Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych Polskiej Akademii Nauk we Wrocławiu.
6. Dwie równorzędne nagrody za popularyzację fizyki im. Krzysztofa Ernsta za wszechstronną działalność popularyzującą fizykę w społeczeństwie i animację zainteresowań uczniów i młodzieży otrzymują: prof. dr hab. **Wojciech Nawrocik** z Uniwersytetu Adama Mickiewicza w Poznaniu; dr hab. **Jerzy Stelmach**, prof. Uniwersytetu Szczecińskiego; zaś Nagrodę Specjalną PTF otrzymuje dr **Jan Grabski**, Politechnika Warszawska.
7. Nagrodę PTF im. Grzegorza Białkowskiego i Medal im. Grzegorza Białkowskiego dla wyróżniających się nauczycieli otrzymuje mgr **Barbara Zegrodnik** – nauczycielka w Zespole Szkół nr 1 im. Gustawa Morcinka w Tychach, za rozwijanie twórczych form pracy z młodzieżą oraz popularyzację wiedzy przyrodniczej w kraju i za granicą.
8. Nagrodę PTF II stopnia dla wyróżniających się nauczycieli otrzymują *ex aequo*: mgr **Marek Lipiński** – nauczyciel i wicedyrektor I LO im. K. Brodzińskiego w Tarnowie, za organizację różnorodnych działań w celu zainteresowania uczniów i lokalnej społeczności fizyką; dr **Włodzimierz Natorf** – nauczyciel w IX LO im. Klementyny Hoffmanowej w Warszawie, za pasję i twórcze przekazywanie wiedzy z fizyki i wkład w poprawę jakości nauczania.
9. Nagrodę PTF III stopnia dla wyróżniających się nauczycieli otrzymuje mgr **Teresa Laskowska** – nauczycielka w I LO im. Marii Konopnickiej w Suwałkach, za pracę z uzdolnioną młodzieżą.
10. Wyróżnienia dla nauczycieli otrzymują: mgr **Grzegorz Łopatka** – nauczyciel w II LO im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego w Rybniku, za pracę z utalentowaną młodzieżą i wybitne osiągnięcia uczniów na arenie międzynarodowej i krajowej; mgr **Anna Mazurkiewicz** – nauczycielka z V LO im. Ks. Józefa Poniatowskiego w Warszawie, za organizowanie innowacyjnych i efektywnych form pracy z młodzieżą; mgr **Ewa Gajda** – nauczycielka z V LO w Bielsku-Białej, za zorganizowanie motywujących form pracy z młodzieżą; mgr **Romuald Kondys** – nauczyciel z II LO im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego w Rybniku, za pracę z utalentowaną młodzieżą i wybitne osiągnięcia uczniów na arenie międzynarodowej i krajowej.

Uroczyste wręczenie nagród odbyło się 5 września 2011 r. podczas XLI Zjazdu Fizyków Polskich w Lublinie.

M.S.

Pożegnanie

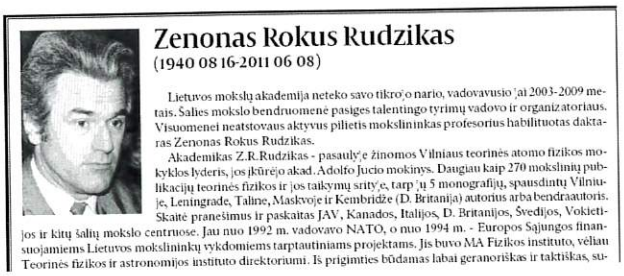
Lidia Smentek
Vanderbilt University, June 20, 2011

Streszczenie: Żegnam wybitnego fizyka atomowego, byłego Prezesa Litewskiego Towarzystwa Fizycznego i byłego Prezydenta Litewskiej Akademii Nauk, Akademika Zenonasa Rokusa Rudzikasa, który zmarł nagle 8 czerwca 2011 roku w swoim ukochanym Wilnie.

Farewell

Abstract: This is the farewell to outstanding atomic physicist, former President of the Lithuanian Physical Society and of the Lithuanian Academy of Sciences, Academician Zenonas Rokus Rudzikas, who died suddenly on June 8th, 2011 in his beloved Vilnius.

Idylliczny spokój letnich wakacji 2011 roku został zaburzony smutną wiadomością, jaka dotarła po błyskawicznej podróży przez ocean: kilka godzin temu zmarł Zenonas! Znany i uznany fizyk atomowy, Profesor Zenonas Rokus Rudzikas zmarł nagle 8 czerwca w ukochanym Wilnie.



Zenonas Rokus Rudzikas
(1940 08 16-2011 06 08)

Lietuvos mokslų akademija neteko savo tikro jo nario, vadovavusio jai 2003-2009 metais. Šalies mokslo bendruomenė pasiges talentingo tyrimų vadovo ir organizatoriaus. Visuomenei neatstovaus aktyvus pilietis mokslininkas profesorius habilituotas daktaras Zenonas Rokus Rudzikas.

Akademikas Z.R.Rudzikas - pasaulyje žinomos Vilniaus teorinės atomo fizikos mokyklos lyderis, jos įkūrėjo akad. Adolfo Jucio mokinys. Daugiau kaip 270 mokslinių publikacijų teorinės fizikos ir jos taikymų srityje, tarp jų 5 monografijų, spausdintų Vilniuje, Leningrade, Taline, Maskvoje ir Kembridže (D. Britanija) autorius arba bendraautoris. Skaitė pranešimus ir paskaitas JAV, Kanados, Italijos, D. Britanijos, Švedijos, Vokietijos ir kitų šalių mokslo centruose. Jau nuo 1992 m. vadovavo NATO, o nuo 1994 m. - Europos Sąjungos finansuojamiems Lietuvos mokslininkų vykdomiems tarptautiniams projektams. Jis buvo MA Fizikos instituto, vėliau Teorinės fizikos ir astronomijos instituto direktoriumi. Iš prigimties būdamas labai geranoriškas ir taktiškas, su-

Kopia fragmentu nekrologu zamieszczonego w lokalnej gazecie w Wilnie, Lietuvos žinios (dzięki uprzejmości Andriusa Bernotasa)

Przyjaźniliśmy się od wielu lat i razem przeżywaliśmy ciężkie czasy poprzedniego systemu panującego w Polsce i Litwie. Nasze związki były głębsze niż tylko znajomość fizyków interesujących się tym samym aspektem opisywania Przyrody. Ich korzenie sięgały początków UMK, mojej Alma Mater, której główny powojenny kapitał intelektualny miał swój rodowód na Uniwersytecie Stefana Batorego w Wilnie.

Przed zmianami 1989 roku wymienialiśmy krytyczne uwagi wyszeptując je podczas spotkań w ramach międzynarodowych szkół zaawansowanych metod mechaniki kwantowej, organizowanych w głuszy leśnej nad jeziorem w Bachotku. W latach osiemdziesiątych bezpieczniej było znajdować się z dala od obserwujących oczu i nasłuchujących uszu, przejawiających wzmożoną aktywność w związku z rosnącą siłą Solidarności. Zenonas, dzięki swojej subtelnej naturze, skargi i krytyczne uwagi kolegów z innych krajów tzw. bloku wschodniego, bardzo często podsumowywał łagodnym uśmiechem, jakby miał do powiedzenia znacznie więcej, ale wolał temat przemilczeć. Dopiero w czasie szkoły zorganizowanej w 1989 roku rozmowy na tematy nienaukowe stały się bardziej otwarte i swobodne, jakby wolne od obawy, że usłyszy nas ktoś „z drugiej strony". To był czerwiec i ta „druga strona" straciła swoją siłę; jesienią runął Berliński mur!

Na tę szczególną szkołę, kiedy wiatr wolności powiał również na Litwie, wtedy jeszcze radzieckiej republice, Zenonas przyjechał z małżonką Mariją i córką Gražiną. To była podróż do Polski, żeby pokazać córce historyczne miejsca naszej wspólnej historii. Bachotek, Toruń i Kopernik, Częstochowa i Czarna Madonna, Kraków i Wawel, to była trasa tej niecodziennej pielgrzymki; królewski bursztyn w prezencie i morze wypijanej kawy w czasie spotkań i wielogodzinnych rozmów.

Dopiero wtedy poznałam historię życia Zenonasa, jego wspomnienia z dzieciństwa na Litwie i obrazy tragicznych przeżyć deportacji w 1951 roku na Syberię, do odludnego miejsca w okolicach Tomska. A zimy tam były surowe i długie, z najniższą temperaturą -55 °C, zarejestrowaną w styczniu 1931 roku.

W 1956 roku rodzina powróciła w swoje strony i osiadła niedaleko słynnego uzdrowiska Druskienniki[1], blisko granic z Białorusią i Polską. Po wielu latach Zenonas stwierdził: „*W czasie młodości rzadko myślimy o dzieciństwie, ale po przeżyciu więk-*

[1] Ten sam kurort, gdzie Marszałek Józef Piłsudski spędzał letnie wakacje

Szkoła Zaawansowanych Metod Mechaniki Kwantowej, Bachotek 1987; Profesor Rudzikas w czarnej ramce, po prawej w czerwonym i pomarańczowym kółku dr Angela Merkel, obecnie Kanclerz Niemiec i dr Joachim Sauer, obecnie profesor (prywatnie Jej małżonek)

szej części swojego życia coraz częściej wracamy do własnych korzeni poszukując źródeł obecnych dni w dzieciństwie"[2].

Obrazy życia na Syberii, trwale zapisane w jego pamięci, znacznie różniły się od życia w domu na Litwie. Zenonas wspominał: *„...ziemniaki sprzedawane na kosze, krowy bez rogów zaprzęgnięte do sań. Otwarte przestrzenie Syberii, bezgraniczna tajga, rzadkie siedliska ludzi... stopy były zdrętwiałe od zimna, kiedy się szło lub biegło* [do szkoły] *... wełniane skarpety niewiele pomagały, dlatego w klasie zdejmowałem buty i przez długi czas ogrzewałem nogi przy piecu..."*

Pierwszy dzień w szkole też był pamiętny i wcale nie z powodu ograniczonej wtedy znajomości nowego języka, języka rosyjskiego. „To jest nowy uczeń. On został deportowany. Nie ma nic. Pomóżcie jemu, jeśli możecie." – zwrócił się nauczyciel do całej klasy. I dzieci pomogły, bo następnego dnia nowy kolega dostał wyprawkę szkolną wraz z używanym podręcznikiem. Nie było to wyjątkowe zachowanie tubylców, jak po latach Zenonas wspominał. Zwykle mieszkańcy Syberii dzielili się tym, co sami posiadali, z przybyszami, którzy zmuszeni do życia w ekstremalnych warunkach starali się do nich dostosować, żeby przeżyć i jakby przeczekać zesłany na nich los.

Złoty medal, najwyższe wyróżnienie, jakim Zenonas został uhonorowany na zakończenie szkoły średniej, otworzył dla niego drzwi wszystkich możliwych uczelni w Związku Radzieckim; mimo, że był deportowany. Jednak Uniwersytet w Wilnie był jego wyborem i tam postanowił zdobywać wyższe wykształcenie. Marzył, żeby zostać dziennikarzem. Krótka rozmowa z rektorem uniwersytetu jednak zmieniła jego drogę życiową, kiedy okazało się, że ze względu na przeszłość musi jednak wybrać inną dziedzinę studiowania. *„Po chwili zastanowienia powiedziałem: fizyka"*, wspominał Zenonas. Heroiczna determinacja, utalentowany umysł i ciężka praca spowodowały, że czarna plama na jego życiorysie, czyli ówcześnie politycznie poprawna interpretacja deportacji na Syberię, została skompensowana; a przecież był zesłany nie z własnej winy i nie za karę za popełnione przewinienia, tylko był jedną z wielu ofiar stalinowskiego reżimu.

To była droga, jaką Zenonas Rudzikas przebył dążąc do najwyższego wyróżnienia naukowego w rodzimej herarachii akademickich pozycji. W 2003 roku został wybrany Prezydentem Litewskiej Akademii Nauk.

Wspólny język opisywania rzeczywistości sprzed zmian 1989 roku nie był jedynym, jakim sie posługiwaliśmy, choć w każdym wypadku rozmawialiśmy po angielsku. Wspólnym językiem był również formalizm stosowany w naszych badaniach naukowych; była to algebra Racaha, wszechmocne narzędzie spektroskopii atomowej. Zenonas był studentem, protégé i spadkobiercą naukowej spuścizny słynnego Profesora Adolfasa Jucysa, założyciela szkoły teoretycznej fizyki w Wilnie i współpracownika Douglasa Hartree w Manchester w 1938 roku i Vladimira Focka w Leningradzie w latach 1949-1951, autorów słynnej teorii Hartree-Focka. Książki Profesora Jucysa przedstawiające teorię momentu pędu i techniki operatorowe fizyki atomowej, napisane w języku rosyjskim, były dla nas, w tzw. krajach zaprzyjaźnionych dostępne, również

[2] Wszystkie cytaty są zaczerpnięte z książki "Science and Arts in Lithuania" vol. 29, "Academician Zenonas Rudzikas", zredagowanej przez N. Šeduikienė.

z powodu niskich cen. Traktowaliśmy je jako encyklopedie zawierające wszystko to, co należy znać, aby prowadzić własne badania teoretyczne. Nękał nas jednak jeden problem. Profesor Jucys wprowadził własną konwencję fazową i inną definicję zredukowanego elementu macierzowego tensora sferycznego; odmienną od konwencji stosowanej przez Condona i Shortley'a, a w konsekwencji przez Judda i Wybourne'a w ich zastosowaniu algebry Racaha do spektroskopii układów f-elektronowych. Nie mając możliwości kontaktu z Profesorem Jucysem, żartowałam pytając Zenonasa, jako zastępcę Mistrza, czyniąc go jednocześnie odpowiedzialnym za tę indywidualność w litewskiej szkole fizyki atomowej, dlaczego życie młodych adeptów tej sztuki jest celowo tak utrudnione?

Profesor Jucys faktycznie był guru teorii atomu i Zenonas Rudzikas wielce zasłużył na to, aby piastować tę pozycję, jako jego następca i kontynuator stworzonej przez niego szkoły.

Oprócz wspólnych języków porozumiewania się prywatnie i zawodowo, mieliśmy też wspólnych przyjaciół i współpracowników. Jednym z nich był Brian Garner Wybourne, twórca spektroskopii lantanowców (dziedziny moich badań) i uznany na świecie fizyk teoretyk. Brian był uczonym z dalekiej Nowej Zelandii, ale jego prace naukowe były nam bliskie i dobrze znane. W 1991 roku wyemigrował on ze swojej ojczyzny i został profesorem w Instytucie Fizyki UMK w Toruniu, tym samym, w którym pracowałam od 1971 roku przez 40 lat. W taki sposób, dzięki przychylności losu, zamknął się jeden krąg fizyków atomowych, choć znajomość Zenonasa z Brianem sięgała wcześniejszych czasów, kiedy ja jeszcze byłam uczennicą szkoły podstawowej.

Od lewej: Profesor A. Jucys, B. G. Wybourne, Z. Rudzikas i I. Glembockis w czasie jednej z dyskusji w Instytucie Fizyki i Matematyki Litewskiej Akademii Nauk w Wilnie (fotografia z albumu Z. Rudzikasa)

W rozdziale mojej książki poświęconej pamięci zmarłego w 2003 roku Briana Wybourne'a[3] Zenonas napisał,

> *„Długa podróż Profesora Briana G. Wybourne'a w świecie fizyki umożliwiła mu odkryć bogactwo jej sekretów. Ponadto, w czasie tej podróży zachęcał on wielu młodych fizyków do podążania razem z nim; jestem jednym z nich."*

Dalej wspominał:

> *„W 1962 roku Profesor Brian G. Wybourne pierwszy raz odwiedził Wilno, stolicę Litwy, kraju włączonego przez 50 lat do ZSRR. On był jednym z pierwszych wybitnych cudzoziemców, który odwiedził zespół fizyki teoretycznej prowadzony przez założyciela naukowej szkoły współczesnej fizyki teoretycznej na Litwie, Profesora Adolfasa Jucysa... Na nas, kilku młodych doktorantach Uniwersytetu Wileńskiego, wizyta znanego fizyka z dalekiej i egzotycznej Nowej Zelandii i jego wykłady sprawiły niezapomniane wrażenie i zachęciły nas do poświęcenia się teoretycznej fizyce".*

Kolejnym przykładem połączenia się ogniw łańcucha fizyków atomowych jest Profesor Charlotte Froese Fischer, ostatnia doktorantka Douglasa Hartree i autorka słynnego i nadal unikalnego programu MCHF (Multi Configuration Hartree Fock) w wersji numerycznej[4]. W przypadku tego kontaktu naukowego uprzedziłam Zenonasa, bo już w 1982 roku pracowałam z Charlotte'ą jako post doctoral fellow, podczas gdy jego współpraca zapoczątkowana była na początku lat dziewięćdziesiątych; aczkolwiek oparta była na głębokich korzeniach. Właśnie dzięki tej współpracy, obecnie kontynuowanej przez ucznia Zenonasa, Gediminasa Gaigalasa przebywającego w NIST w Waszyngtonie, gdzie Profesor Fischer prowadzi badania, wieść o nagłej śmierci Zenonasa dotarła do nas już w parę godzin od zajścia.

W trudnych momentach, kiedy ktoś z bliskiego otoczenia odchodzi na zawsze, odzywa się poczucie wspólnoty opartej na wspomnieniach, przyjaźni i koleżeństwie. Będąc razem, choć tylko wirtualnie, łatwiej jest pogodzić się z myślą o skończonym etapie wspólnej części akademickiej misji. Charlotte podzieliła się swoimi wspomnieniami pisząc:

> W 1972 roku Paldus, Čížek[5] i ja postanowiliśmy zaprosić Jucysa jako wybitnego wykładowcę do Applied Mathematics w Waterloo. Zaprosiliśmy go na październik 1973 roku, ale nawet z rocznym wyprzedzeniem, nie uzyskał on na czas zgody od władz rosyj-

[3] *Memories and Memoirs; Brian Garner Wybourne*, Lidia Smentek (wydane przez A. Marszałek, 2005).

[4] Professor-Emerita z Vanderbilt University, obecnie prowadzi badania w NIST w Waszyngtonie.

[5] Professor-Emeritus Josef Paldus i Professor-Emeritus Jiří Čížek z University of Waterloo, Ontario, Kanada; światowej sławy chemicy kwantowi, autorzy między innymi teorii coupled cluster (CC) i jej zastosowań w chemii kwantowej.

skich. Dopiero w grudniu, kiedy wszyscy byliśmy już gotowi iść do domu na Święta Bożego Narodzenia, dostaliśmy telegram, że za kilka dni przyjedzie na jeden miesiąc. Okazało się później, że po powrocie do domu przekazał swoim studentom w Wilnie moje programy numeryczne. W taki sposób zaczęły się moje związki z Wilnem; od Jucysa, który zmarł na początku 1974 roku i Rudzikas przejął po nim pozycje dyrektora Instytutu.

W listopadzie 1992 roku, po upadku Związku Radzieckiego, Zenonas odbył podróż po Stanach Zjednoczonych, w czasie której odwiedził również mnie na Vanderbilt University. Celem tej podróży było zawiązanie współpracy naukowej z jego grupą w Instytucie, ale jednocześnie wykorzystał on tę okazję, aby przedstawić jak Litwa uzyskała swoją niepodległość. On był dumny ze swojego małego kraju. Później przekonał mnie do wystąpienia do NSF o trzyletni grant finansujący współpracę z uczonymi z byłego Związku Radzieckiego. Tak rozpoczęła się pomyślna współpraca, głównie z Zenonasem i jego studentem dr Gediminasem Gaigalasem.

[...] Pomagałam Zenonasowi przygotować rękopisy do publikacji w zachodnich czasopismach. Prawdziwa współpraca z Zenonasem wymagałaby wkładu kogoś takiego jak Brian Judd, ale Brian nie był chętny ze względu na konwencje fazowe i odmienne definicje na których oparte były prace wileńskie.

Pierwszy raz pojechałam do Wilna w czerwcu 1993 roku. Zenonas spotkał mnie na lotnisku; przyjechał służbowym samochodem. Pamiętam to doskonale, bo jadąc nawet nie starał się omijać wielu dziur w drodze. Zenonas był wspaniałym gospodarzem. Bardzo się starał, żeby gość zrozumiał historię (byliśmy na wycieczce w Trakai w ciągu mojej pierwszej wizyty), lokalną kulturę, jak również poznał badania naukowe prowadzone w jego grupie.

Zenonas bardzo lubił muzykę. W czasie moich wizyt zawsze byłam zapraszana na przedstawienia w Sali Koncertowej. Jednego razu to był balet Jezioro Łabędzie. Na konferencji we wrześniu (2010) jednym z wydarzeń był program muzyki ludowej i tańców w wykonaniu studentów Uniwersytetu. Zenonas przedstawił wykonawców wspominając, że przed 40 laty on sam był młodym tenorem w grupie, gdzie spotkał swoją przyszłą żonę. Wydział Muzyczny przygotował również przedstawienie otwarte dla publiczności, aby uhonorować byłego operowego śpiewaka. Bardzo namawiał uczestników konferencji do brania udziału. Na koniec wszyscy razem śpiewali litewskie piosenki; Zenonas wraz z innymi z widowni dołączył do wykonawców. [...] Będę pamiętać takiego Zenonasa jakim był w czasie ostatniej konferencji – po każdej prezentacji zadawał interesujące pytanie. On naprawdę był wyjątkowy, niesamowity.

Profesor C. Froese Fischer odbiera dyplom zagranicznego członka Litewskiej Akademii Nauk od jej Prezydenta, Zenonasa Rudzikasa; wrzesień 2004 (z albumu C. Froese Fischer)

Gediminas Gaigalas[6], jeden z 26 doktorów wykształconych przez Zenonasa kilka dni po otrzymaniu wiadomości o śmierci swojego Mistrza napisał,

[...] Moja żałoba jest bardzo głęboka i bolesna. Prof. Rudzikas przez wiele lat był moim akademickim doradcą. W 1981 roku, kiedy byłem studentem czwartego roku zostałem zaproszony do przeprowadzenia pierwszego badania naukowego w ramach projektu z teorii atomu na Wydziale Teorii Atomu (Instytutu Fizyki, Litewskiej Akademii Nauk) kierowanego przez niego. Potem wszystko nastąpiło po raz pierwszy: pierwsza konferencja, pierwsza publikacja naukowa, pierwszy doktorat (wtedy na Litwie były dwa stopnie studiów doktorskich), pierwsza konferencja zagraniczna, pierwszy długoterminowy zagraniczny staż naukowy, i tak dalej. [...] I wszystko to działo się dzięki akademickim radom Profesora Rudzikasa. Przez cały czas nasza współpraca układała się bardzo harmonijnie. Prowadziliśmy badania naukowe jako nierozłączni partnerzy niezależnie od tego w jakim miejscu na świecie przeby-

[6] Były doktorant, współpracownik i kolega; współautor wielu publikacji, spadkobierca i kontynuator spuścizny naukowej; obecnie profesor Wileńskiego Uniwersytetu Pedagogicznego i Instytutu Teoretycznej Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Wileńskiego.

waliśmy. [...] Pan Profesor był bardzo aktywną osobą z szerokim zakresem swoich zainteresowań, dzięki czemu często podróżował. Całkiem prawdopodobne jest, że swój dynamizm i energię przekazał mi i od 1993 roku, kiedy Litwa odzyskała swoją niepodległość, również moje długoterminowe staże i podróże zagraniczne stały się częstsze. W takiej sytuacji, listy wysyłane przez E-mail zawsze odgrywały ważną rolę i należały do długiej tradycji naszego komunikowania się. [...]
Przywyczaiłem się do E-maili od Profesora Rudzikasa. Ostatnio stały się one bardziej „business-like"; rozumieliśmy się doskonale. Dlatego, kiedy otrzymałem jego ostatni E-mail z Wilna (przebywam w NIST na trzy miesiące) odebrałem go jako zwykły list, choć z odcieniem ojcowskiej troski[7]

From: Zenonas Rokus Rudzikas [Zenonas.Rudzikas@tfai.vu.lt]
Sent: Tuesday, June 07, 2011 6:31 AM
To: Gaigalas, Gediminas
Subject: Work
Gediminai, labas! [Hi, Gediminas!]
I see you've got NIST's e-mail address. Great!
Wanted to ask: how are you doing? What's the news?
Is there any news about the Brussels project? Has the Lithuanian Council of Science announced a new call for sound project proposals?
It's hot here in Lithuania, around 30 degrees C. It's hard to work, it would be good to go to the seaside...
Best wishes and good luck! ZRR

To jest list napisany w dzień przed jego śmiercią. Ten list pokazuje pozytywne wartości charakteru Pana Profesora i jednocześnie specyfikę naszej współpracy [...] Ale kiedy następnego ranka dowiedziałem się o jego śmierci, [...] zobaczyłem w tej przesyłce wiele rzeczy w innym świetle. [...] Nie przypominam sobie żadnego listu w przeszłości, który kończyłby się wielokropkiem. To niedokończone zdanie w trybie przypuszczającym „dobrze byłoby udać się nad morze..." odczytuję jako jego pożegnanie. [...] Jest to symboliczne, że aż do ostatniego momentu pracowaliśmy razem jak nierozłączna załoga, niezależnie od tego, jak bardzo byliśmy fizycznie od siebie oddaleni; w dodatku ogromna odległość między nami nie przeszkodziła nam pożegnać się na zawsze: ***"reikėtų važiuoti prie jūros..."*** *(= it would be good to go to the seaside...)*

Zapytałam Andriusa Bernotasa[8], również byłego doktoranta, który przez wiele lat był sekretarzem naukowym różnych instytucji kierowanych przez Zenonasa, jakim szefem był Profesor Rudzikas, kiedy pełnił różnorodne funkcje w akademickiej hierarchii? Andrius odpowiedział w następujący sposób,

Profesor Rudzikas miał wiele talentów, jednym z nich była umiejętność zarządzania. Przy okazji, mgliście sobie przypominam, że on również ukończył studia ekonomiczne. Dzięki jego umiejętności poznania ludzi i motywowania ich do działania bardzo często był w stanie powiązać zarządzanie wielu przedsięwzięć jednocześnie. Wydawało się nawet, że one wszystkie przebiegają samodzielnie, bez jego widocznego wpływu. Odważam się jednak sądzić, że to wszystko było pedantycznie zaplanowane i pozostające pod kontrolą: kiedyś nawet Pan Profesor zauważył przy okazji sugestii, żeby pozwolić sprawom biec normalnym tokiem,

Jubilat obchodzący 70. urodziny 16 sierpnia 2010 roku z małżonką, córką i synem (z rodzinnego albumu)

[7] Cześć Gediminas! Widzę, że masz adress E-maila w NIST. Super! Chciałem zapytać: jak sie masz? Co nowego? Czy dotarły do Ciebie jakieś wiadomości o projekcie z Brukseli? Czy Litewski Komitet Nauki ogłosił nowy nabór poważnych projektów badań? Tutaj na Litwie jest gorąco, około 30 stopni C. Trudno się pracuje, byłoby dobrze wyjechać nad morze... Najlepsze życzenia i powodzenia! ZRR

[8] Sekretarz naukowy Instytutu Teoretycznej Fizyki i Astronomii oraz Litewskiego Towarzystwa Fizycznego w czasie, kiedy Profesor Rudzikas kierował obiema instytucjami; tę samą funkcję pełnił w Lithuanian Journal of Physics i Litewskiej Akademii Nauk; obecnie kieruje Departamentem Zarządzania Badaniami Litewskiej Akademii Nauk.

że „najlepszym działaniem spontanicznym jest działanie zaplanowane". Niektóre jego powiedzenia i zwyczaje są zapamiętane przez kolegów jako „klasyczne", na przykład jego zwyczajowym powitaniem było „cześć, jak leci?" albo w odniesieniu do dokumentacji mawiał: „ papiery mają to do siebie, że lubią być zagubione".

Uznany fizyk, organizator nauki w odrodzonej Litwie, wychowawca 26 doktorów, autor pięciu monografii i ponad 270 naukowych rozpraw, wielu popularnych i naukowo-popularnych publikacji i wykładów, piastujący wiele zaszczytnych pozycji w akademickiej hierachii między innymi były Prezes Litewskiego Towarzystwa Fizycznego i Prezydent Litewskiej Akademii Nauk, odznaczony i uhonorowany wieloma nagrodami i odznaczeniami państwowymi; ale mimo wszystko i przede wszystkim oddany od 46 lat mąż, wspaniały ojciec rodziny, dumny z córki Gražiny i syna Andriusa. Najszczęśliwszy człowiek na Ziemi gdy mógł przebywać pośród zebranej wokół siebie całej rodziny, włączając dwie wnuczki i najmłodszego wnuka. Na fotografii poniżej uwieczniony jest szczęśliwy moment, kiedy Zenonas obchodzi swoje 70 urodziny (w ubiegłym roku) w otoczeniu Małżonki, córki i syna.

W Dzień Bożego Narodzenia 2010 roku Zenonas napisał do mnie:

Dziękuję bardzo za gorące życzenia! Tego samego życzę Wam wszystkim! Wesołych Świąt Bożego Narodzenia i Szczęśliwego Nowego Roku! Jak sie macie?

Wczoraj zebraliśmy się w gronie dziesięciu osób, trzy generacje, w domu naszego syna i jego żony, wieczerza była bezmięsna, Święty Mikołaj przyniósł prezenty dla każdego (to znaczy, że wszyscy dobrze się zachowywali przez cały rok...), dzisiaj spotkamy się w kościele Św. Kazimierza i po mszy pójdziemy razem na kawę lub herbatę. Jutro zjemy razem obiad u nas w domu.

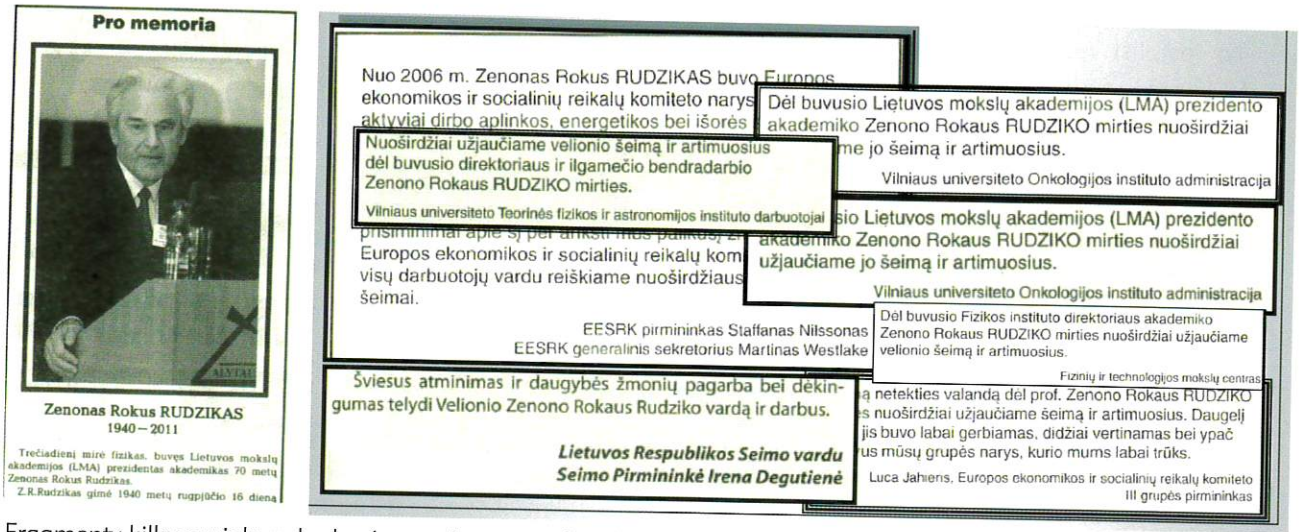
Jeszcze raz – najlepsze życzenia,
Wasi Marija i Zenonas.

Dopiero teraz zdaję sobie sprawę, że to były ostatnie życzenia od Zenonasa; zachowam je na zawsze.

Fotografia dokumentująca rodzinne spotkanie w czasie Bożego Narodzenia 2010 opisane w liście powyżej; od prawej Zenonas, małżonka Marija, teściowa syna Silvija, córka Gražina, synowa Inga, wnuczki Marija i Gabija, syn Andrius i z przodu wnuk Marijus (z rodzinnego albumu)

Jak pożegnać serdecznego Przyjaciela, kolegę-fizyka obdarzonego wieloma talentami i charyzmą, człowieka stanowczego ale z ujmującą skromnością i ciepłą osobowością? Pozwolę sobie przytoczyć Jego własne słowa, którymi żegnał Briana Wybourne'a[3],

„Profesor Brian G. Wybourne **[Profesor Zenonas R. Rudzikas]** *odszedł na zawsze. Czy to jest koniec? Oczywiście, nie. To nawet nie jest początek końca. To jest tylko koniec początku.*



Fragmenty kilku z wielu nekrologów zamieszczonych w lokalnej gazecie (kopie od Andriusa Zenonasa, Syna)

Nie będzie już następnych prac naukowych napisanych przez Profesora Briana G. Wybourne'a **[Profesora Zenonasa R. Rudzikasa]**. *Ale jego publikacje, w szczególności jego monografie i pomysły w nich opublikowane zaczynają żyć podróżując wzdłuż osi czasu, niezależnie penetrując umysły uczonych; i ten proces nie ma końca.*

[...] Patrząc na nie, biorąc w ręce jakąkolwiek jego monografię czy publikację, powinniśmy nie tylko widzieć ilustracje, zdania czy wyrażenia, ale powinniśmy też czuć Briana **[Zenonasa]** *ciepły uśmiech, jego serdeczne spojrzenie, ciepły głos – obecność niezapomnianego, prawdziwego przyjaciela."*

Nie znam języka litewskiego, mimo to znam treść wszystkich nekrologów, jakie pojawiły się w lokalnych gazetach na Litwie.

Jeden z rozdziałów międzynarodowej fizyki atomowej został zamknięty. *„Czy to jest koniec? Oczywiście, nie. To nawet nie jest początek końca. To jest tylko koniec początku"....* a w głównym pasie planetoid, między orbitami Marsa i Jowisza, między wieloma ciałami niebieskimi Układu Słonecznego, krąży planetoida ***167960 Rudzikas*** (2005 EV249); na wieczną pamiątkę życia i osiągnięć Zenonasa Rokusa Rudzikasa.

Copernicus Center
CENTRUM KOPERNIKA
BADAŃ INTERDYSCYPLINARNYCH

Między fizyką a matematyką

Esej na temat książki: Leszek M. Sokołowski, Elementy analizy tensorowej, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2010, ss. 411

Michał Heller
Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych, Kraków

Streszczenie: Podręcznik Leszka M. Sokołowskiego uczy przyszłych fizyków i astronomów, jak wykonywać praktyczne rachunki z zakresu geometrii różniczkowej i jej zastosowań, nie tracąc przy tym z oczu faktu, że każda technika rachunkowa jest głęboko zakorzeniona w bogatych strukturach matematycznych. Obrazu dopełniają pewne uwagi na temat relacji pomiędzy geometrią a fizyką.

Between Physics and Mathematics

An essay on the book: Leszek M. Sokołowski, Elements of tensor analysis, Warsaw University Publishing House, Warszawa 2010, pp. 411

Abstract: Leszek M. Sokolowski's textbook *Elements of tensor analysis* teaches future physicists and astronomers how to perform practical computations related to differential geometry and its applications without loosing from sight the fact that every computational technique is deeply rooted in rich mathematical structures. Some remarks concerning the relationship between geometry and physics complete the picture.

Związki między fizyką a geometrią są silne i sięgają głęboko w historię. Przez długi czas traktowano geometrię jako po prostu naukę o przestrzeni fizycznej. Wszechświat starożytnych Greków był skończony i zamknięty (sferą gwiazd stałych), dlatego w ich geometrii nie było miejsca na nieskończoność. Piąty postulat Euklidesa budził kontrowersje, bo grecki wszechświat był za mały, by proste równoległe mogły „przecinać się w nieskończoności". Wprawdzie metody geometryczne od czasu do czasu dawały znać o swojej odmienności od metod stosowanych w fizyce, ale na ogół uchodziło to uwagi badaczy, którzy byli równocześnie matematykami i fizykami. Powstanie rachunku różniczkowego i całkowego wzmocniło związek między geometrią a fizyką. Prędkość była po prostu pochodną drogi po czasie, dzięki czemu geometria zaczęła nabierać dynamicznych własności. Dla Kanta – a był to już wiek XVIII – zdania geometrii, mimo, że mówią o świecie (są syntetyczne), są także koniecznie prawdziwe (są *a priori*), bo odzwierciedlają naszą ideę przestrzeni. A więc geometria (Euklidesa) może być tylko jedna. Dopiero powstanie wielu geometrii (nieeuklidesowych) i oswajanie się z nimi pomogło matematykom stopniowo uświadomić sobie, że pomiędzy fizyką a matematyką (i geometrią w szczególności) istnieje zasadnicza różnica. W wieku XIX dokonał się wielki proces „oczyszczania matematyki": nie tylko uzyskała ona status nauki czysto formalnej, ale rozpoczęły się także intensywne badania (o charakterze metamatematycznym) nad tym statusem. Oczywiście zastosowania do fizyki pozostały i nadal były siłą napędową dla wielu dziedzin matematyki, ale towarzyszyła im coraz większa świadomość różnicy pomiędzy strukturami matematycznymi a ich modelami fizycznymi. Zresztą rozróżnienie to także należy do ważnych osiągnięć metamatematyki.

Ważnym wydarzeniem w dziejach relacji pomiędzy geometrią a fizyką było powstanie ogólnej teorii względności. Od samego początku stało się jasnym, że geometria nie jest tylko wygodnym językiem do opisu pola grawitacyjnego, lecz również swoimi strukturami wchodzi niejako do samej jego istoty. Jak wiadomo, Einstein początkowo dość mozolnie uczył się rachunku tensorowego, by poprawnie sformułować swoje idee (rachunek tensorowy był wówczas znany tylko niewielkiej liczbie czystych ma-

tematyków), a potem, w następnych pracach, z coraz większą wprawą posługiwał się wskaźnikową metodą przeprowadzania rachunków. Sukcesy ogólnej teorii względności wymusiły na fizykach nauczenia się geometrii Riemanna i rachunku tensorowego. Co więcej, fizycy musieli te działy sami rozwijać dla swoich potrzeb. Matematycy bowiem nie rozważali dotychczas przestrzeni dla fizyków podstawowej, jaką stała się dla nich czasoprzestrzeń, a wymiar czasowy wymuszał istotne odstępstwa od dotychczasowych reguł. Potem, gdy matematycy zainteresowali się wynikami fizyków, poddali je „formalnej obróbce" i nowy podrozdział geometrii nazwali geometrią pseudoriemannowską.

Rozpoczął się bardzo interesujący proces (historycy nauki powinni wziąć go na warsztat i dokładnie przeanalizować) intensywnego oddziaływania matematyki z fizyką teoretyczną. Matematyka wyostrzała pojęcia, które wkrótce okazały się niezbędnymi narzędziami w rękach fizyków; fizycy znajdowali nowe zastosowania, które inspirowały matematyków do kolejnych uogólnień. W latach sześćdziesiątych ubiegłego stulecia w tym twórczym procesie nastąpił „skok jakościowy". Już od jakiegoś czasu stawało się coraz bardziej jasnym, że lokalne metody tradycyjnej geometrii nieróżniczkowej nie są wystarczające dla Ensteinowskiej teorii grawitacji, ale teraz konkretne zagadnienia fizyki relatywistycznej (problem osobliwości, zagadnienie Cauchy'ego dla Ensteinowskich równań pola, ich sformułowanie dynamiczne) nie tylko uświadomiły to w całej ostrości, lecz również podsunęły metody, za pomocą których można było przejść do ujęć globalnych. W efekcie takich przemian (które trwały kilka dziesięcioleci i ciągle jeszcze przynoszą owoce) „relatywistyczna fizyka matematyczna" osiągnęła wysoki stopień dojrzałości. Wykorzystuje się w niej nie tylko najnowsze metody geometrii różniczkowej i topologii, lecz również – między innymi – analizy funkcjonalnej, algebry abstrakcyjnej i teorii układów dynamicznych. Tymczasem pracę w oparciu o analizę tensorową, uzupełniono metodami wykorzystującymi teorię form różniczkowych, co spowodowało kolejną zmianę w stylu wykładania geometrii różniczkowej. Formy różniczkowe, choć nie eliminują tensorowej metody wskaźnikowej, okazują się skuteczniejsze w niektórych podejściach całościowych.

W codziennej pracy fizyka-teoretyka zawsze istnieje napięcie pomiędzy rozumowaniami w oparciu o abstrakcyjne struktury matematyczne a koniecznością wykonywania rachunków w konkretnych układach współrzędnych. Napięcie to przejawia się także w pracy dydaktycznej: jak nauczyć przyszłego fizyka warsztatu rachunkowego i jednocześnie przekazać mu kulturę matematyczną, która nie pozwala tracić z oczu faktu, że każdy rachunek wyrasta z jakiejś struktury matematycznej i poza nią nie ma sensu? Leszek Sokołowski w swoich *Elementach analizy tensorowej* stawił czoła temu problemowi i z tej konfrontacji wyszedł zwycięsko. Studenci fizyki i astronomii – bo nie ma wątpliwości, że to właśnie do nich ta książka jest zaadresowana – otrzymali podręcznik, z którego mogą się nauczyć wszystkiego, co niezbędne do sprawnego posługiwania się praktyczną (tzn. rachunkową) stroną geometrii różniczkowej z rachunkiem tensorowym jako jej narzędziem. Po przyswojeniu sobie materiału zawartego w tym podręczniku, będzie im wszakże towarzyszyć świadomość, że rachunki nie sprowadzają się do mentalnego odpowiednika przyciskania klawiszy na klawiaturze, lecz są zakorzenione w głębokich i eleganckich strukturach. Dobrą stroną podręcznika są krótkie, dość często wplatane w tekst uwagi, ukazujące to zakorzenienie.

Pewną luką w nowoczesnym wyposażeniu czytelnika, który polegałby tylko na lekturze tej książki, jest brak w niej teorii form różniczkowych. Autor we wstępie nazywa je „wielkim nieobecnym" swojego podręcznika i usprawiedliwia to ogromnym rozbudowaniem ich teorii. Istotnie, potraktowanie teorii form różniczkowych w takim stylu, jaki cechuje ten podręcznik, wymagałoby napisania jego drugiego tomu. Może to autor kiedyś zrobi?

Układ podręcznika jest tradycyjny. Zresztą trudno sobie wyobrazić inny. Geometria różniczkowa, w swoim zasadniczym trzonie, jest na tyle ustaloną dziedziną, że wypracowała już swój „kanoniczny" tok wykładu. Po preliminariach i wprowadzeniu rozmaitości różniczkowych, akcja rozwija się w sposób naturalny: wektory i tensory, ich pola i odwzorowania, pochodna absolutna i różniczkowania w przestrzeniach Riemanna, koneksja i krzywizna. Liczne przykłady starannie dobrane, wiele takich, które na ogół nie pojawiają się w podręcznikach matematycznych, ale które są ważne dla fizyki. Niektóre przykłady są „policzone do końca", co dobrze wprowadza studenta do praktykowania warsztatu.

Książka odznacza się dużym stopniem ścisłości, dlatego wyliczenie na str. 77 jedno- i dwu-wymiarowych rozmaitości równoważnych ze sobą (w sensie dyfeomorfizmu) należy uznać za niedopatrzenie (są one wszystkie homeomorficzne, ale nie wszystkie dyfeomorficzne). Przy okazji warto wspomnieć, że można w ten sposób dobrać struktury różniczkowe, by twory takie jak brzeg trójkąta (z „kantami") były gładkie, ale zajmowanie się takimi sytuacjami wykraczałoby poza zakres tej książki.

Chciałbym zwrócić szczególną uwagę czytelnika na pierwsze dwa rozdziały (preliminaria i rozmaitości różniczkowe). Podstawy są zawsze najważniejsze, a w tej książce autor potraktował je przejrzyście i bardzo dydaktycznie. Chodzi nie tylko o to, że bez zrozumienia podstaw nie można dobrze opanować reszty, lecz także o pewien aspekt „filozoficzny" – podstawy zawierają w sobie potencjalnie wszystko to, co można na nich nadbudować, jak również perspektywy nowych uogólnień.

Warsztaty "High-Field Nanoscience Workshop", Wrocław 2010

W dniach 27-28 maja 2010 we Wrocławiu w gmachu Instytutów Fizyki Uniwersytetu Wrocławskiego przy placu Maksa Borna 9 odbyły się międzynarodowe Warsztaty zatytułowane "High-Field Nanoscience Workshop", zadedykowane Panu Profesorowi Ryszardowi Błaszczyszynowi, długoletniemu pracownikowi Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego (IFD UWr). Organizatorem warsztatów był Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego. Warsztaty stanowiły satelitarną konferencję 51 Międzynarodowego Sympozjum Emisji Polowej (51st IFES 2010), która odbyła się w lipcu bieżącego roku w Sydney. Tematem Warsztatów było zastosowanie metod badawczych związanych z wykorzystaniem wysokiego pola elektrycznego we współczesnej nauce o obiektach nanowymiarowych, w szczególności zaś wykorzystanie technik polowej mikroskopii jonowej i emisyjnej oraz skaningowej mikroskopii tunelowej w fizykochemii powierzchni, technik trójwymiarowej tomografii "Atom Probe" w badaniach materiałowych w nanoskali oraz rozwój współczesnych teorii emisji polowej, jonizacji polowej i desorpcji polowej. W Warsztatach wzięło udział 55 uczestników, wygłoszono 17 wykładów (9 zaproszonych 45 minutowych oraz 8 zgłoszonych 20 minutowych) a w ramach sesji plakatowej przedstawiono 28 plakatów.

W zagadnienia wykorzystania metod polowej mikroskopii i spektroskopii jonowej do badania reakcji katalitycznych na powierzchniach metali wprowadził uczestników Norbert Kruse z Universite Libre w Brukseli. Wykładowca przedstawił między innymi rezultaty obserwacji przebiegu reakcji oscylacyjnych takich jak np. synteza wody z gazowego tlenu i wodoru na powierzchni rodu a także reakcję etylenu z powierzchnią niklu, która prowadzi do powstawania nanorurek węglowych. O wpływie silnego pola elektrycznego (o natężeniach rzędu wolta na angstrem) oraz zmian ciśnienia (od ultrawysokiej próżni do 1 bara) na badanie reakcji katalitycznych (w szczególności utleniania tlenku węgla) mówili w swym łączonym wykładzie Günther Rupprechter i Jurij Suchorski z Instytutu Chemii Materiałów Politechniki Wiedeńskiej. Guido Schmitz z Instytutu Fizyki Materiałów Uniwersytetu w Münster wprowadził uczestników w świat trójwymiarowej tomografii Atom Probe w swym wykładzie o badaniach interfejsów w materiałach nanostrukturyzowanych. Z kolei Peter Hommelhoff z Instytutu Optyki Kwantowej Maxa Plancka w Monachium przedstawił perspektywy i współczesny stan badań nad polową emisją elektronów w polu elektrycznym fali świetlnej. O postępach w przeformułowaniu teorii emisji polowej poinformował w swym wykładzie Richard Forbes z Uniwersytetu w Surrey. Wykłady wygłosili również Grażyna Antczak, Janusz Bęben i Aleksander Krupski z IFD UWr oraz Markus Heyde z berlińskiego Instytutu Fritza Habera.

W ramach sesji plakatowej odbył się konkurs na najlepszą prezentację studencką i doktorancką. Komisja złożona z trójki wykładowców po zapoznaniu się z około 20 plakatami biorącymi udział w konkursie postanowiła nagrodzić Panią Martę Kowalczyk, studentkę V roku Fizyki na Uniwersytecie Wrocławskim, za plakat zatytułowany "Oxygen influence on the growth of thin Zr films in the 6H-SiC(0001) surface".

Warsztaty zakończyła uroczysta sesja w sali Collegium Marianum Uniwersytetu Wrocławskiego poświęcona dorobkowi naukowemu Pana Profesora Ryszarda Błaszczyszyna. Podczas tej sesji Jego Magnificencja Rektor Uniwerstytetu Wrocławskiego Profesor Marek Bojarski uhonorował Profesora Błaszczyszyna Złotym Medalem Uniwersytetu Wrocławskiego.

Wybrane materiały konferencyjne zostaną opublikowane w specjalnym wydaniu czasopisma Ultramicroscopy wydawanego przez Elsevier Press, wraz z materiałami 51st IFES. Zainteresowanych dalszymi szczegółami odsyłamy do oficjalnej strony internetowej Warsztatów (http://www.hfnw.ifd.uni.wroc.pl).

Robert Bryl
Instytut Fizyki Doświadczalnej
Uniwersytet Wrocławski

10 lat KL FAMO

Winicjusz Drozdowski
Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń

Streszczenie: W artykule opisano krótko pierwsze lata funkcjonowania Krajowego Laboratorium Fizyki Atomowej, Molekularnej i Optycznej (KL FAMO), jak również przypomniano same okoliczności jego powstania. Inspiracją była 10. rocznica powstania laboratorium.

10 years of KL FAMO

Abstract: In this article the first years of functioning of the National Laboratory of Atomic, Molecular and Optical Physics (KL FAMO) have been briefly described, as well as the circumstances of its establishing have been reminded. The 10th anniversary of the laboratory has been an inspiration.

W kwietniu 2001 r. Senat Uniwersytetu Mikołaja Kopernika oficjalnie powołał jednostkę organizacyjną o nazwie Krajowe Laboratorium Fizyki Atomowej, Molekularnej i Optycznej (KL FAMO)*. Powstało ono w wyniku porozumienia przedstawicieli polskich ośrodków naukowych prowadzących badania w wymienionych dziedzinach fizyki. Porozumienie to zostało osiągnięte po czteroletnich dyskusjach w ramach Sekcji FAMO Komitetu Fizyki PAN, utworzonej 1 marca 1997 r. na zebraniu założycielskim w gmachu Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Na Przewodniczącego tej sekcji wybrano wówczas prof. Tomasza Dohnalika z Uniwersytetu Jagiellońskiego. W wystąpieniu inauguracyjnym przedstawił on podstawowe cele działalności Sekcji FAMO, w tym wspieranie rozwoju fizyki atomowej i molekularnej oraz optyki, a także działalność na rzecz integracji środowisk zajmujących się tymi dziedzinami, polegającą m.in. na organizowaniu tzw. Spotkań FAMO służących wymianie informacji o działalności naukowej poszczególnych ośrodków. W czasie jednego z takich spotkań wyłonił się pomysł utworzenia w Polsce nowego laboratorium, w którym mogliby pracować fizycy atomowi i optycy ze wszystkich zainteresowanych ośrodków w kraju. Celem, który przyświecał pomysłodawcom, było podniesienie poziomu tych dyscyplin, zwłaszcza na płaszczyźnie kosztownych badań eksperymentalnych, do równorzędnego krajom lepiej rozwiniętym, a jednocześnie pełne wykorzystanie potencjału naukowego krajowych środowisk specjalistycznych. W ślad za szeregiem dyskusji ukształtowała się grupa inicjatywna czternastu profesorów reprezentujących ośrodki zainteresowane udziałem w tworzeniu takiego laboratorium. W skład tej grupy weszli: Tomasz Dohnalik i Wojciech Gawlik (Instytut Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego), Krzysztof Ernst i Czesław Radzewicz (Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego), Krzysztof Wódkiewicz (Instytut Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Warszawskiego), Maciej Kolwas i Jan Mostowski (Instytut Fizyki PAN), Kazimierz Rzążewski (Centrum Fizyki Teoretycznej PAN), Stanisław Chwirot i Józef Szudy (Instytut Fizyki Uniwersytetu Mikołaja Kopernika), Marek Żukowski (Instytut Fizyki Teoretycznej i Astrofizyki Uniwersytetu Gdańskiego), Ryszard Tanaś (Instytut Fizyki Uniwersytetu Adama Mickiewicza), Ewa Stachowska (Wydział Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej) oraz Józef Musielok (Instytut Fizyki Uniwersytetu Opolskiego).

Pierwszym zadaniem wymienionej grupy było znalezienie lokalizacji laboratorium. Ostatecznie zdecydowano, że zostanie ono umiejscowione na najniższej kondygnacji budynku Instytutu Fizyki UMK w Toruniu przy ul. Grudziądzkiej 5. W przeszłości znajdowały się tam warsztaty mechaniczne instytutu, ale po przeniesieniu ich do zbudowanego kilka lat wcześniej nowego pawilonu pozostała niezagospodarowana przestrzeń. Po wizji lokalnej grupa inicjatywna pod przewodnictwem prof. T. Dohnalika przyjęła ofertę Rektora UMK, który nie tylko wyraził zgodę na ulokowanie laboratorium w gmachu Instytutu Fizyki, lecz także zagwarantował przyznanie grantu na remont pomieszczeń. Na początku 2000

*Treść Uchwały nr 20 Senatu UMK z dnia 24 kwietnia 2001 r. w sprawie utworzenia KL FAMO jest dostępna pod adresem: http://www.fizyka.umk.pl/famo/?q=node/14.

r. grupa wystąpiła również do ówczesnego Komitetu Badań Naukowych z wnioskiem o grant inwestycyjny na utworzenie KL FAMO. W tym miejscu nie sposób nie odnotować roli prof. Łukasza Turskiego, który będąc członkiem KBN wspierał starania grupy inicjatywnej i gorąco interesował się rozwojem idei utworzenia KL FAMO. We wrześniu 2000 r. w czasie kolejnego Spotkania FAMO w Juracie podjęto decyzję o przekształceniu grupy inicjatywnej w Tymczasową Radę Naukową KL FAMO. Na przewodniczącego tej rady wybrano prof. T. Dohnalika, a na wiceprzewodniczącego prof. K. Rzążewskiego. Jednocześnie obowiązki tymczasowego dyrektora planowanego laboratorium powierzono prof. S. Chwirotowi.

Pod koniec 2000 r. ukończono remont pomieszczeń przeznaczonych dla laboratorium, który został całkowicie sfinansowany przez UMK. W styczniu 2001 r. tymczasowy dyrektor KL FAMO i Dyrektor Instytutu Fizyki UMK wspólnie wystąpili do Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej o dofinansowanie końcowych prac adaptacyjnych dla celów laboratorium. Wniosek został rozpatrzony pozytywnie przez FNP, co zaowocowało dwiema dotacjami w ramach programu MILAB. Z kolei na początku marca 2001 r. KBN przyznał grant inwestycyjny na pierwsze zakupy aparatury. W tej sytuacji 17 marca 2001 r. Tymczasowa Rada Naukowa KL FAMO postanowiła zwrócić się do Senatu UMK z prośbą o powołanie w strukturach uniwersytetu Krajowego Laboratorium FAMO jako jednostki ogólnopolskiej bez osobowości prawnej, czyli formalnie podległej Rektorowi UMK. Taka formuła została zresztą przyjęta w trakcie wcześniejszych pertraktacji z KBN. Po pozytywnej decyzji Senatu Rektor UMK powołał na pierwszą kadencję Radę Naukową KL FAMO (w identycznym składzie osobowym jak rada tymczasowa). Przewodniczącym został prof. W. Gawlik, a wiceprzewodniczącym prof. K. Rzążewski. Na stanowisko Dyrektora KL FAMO został mianowany prof. S. Chwirot, który sprawował tę funkcję do końca 2010 r. W kolejnych kadencjach Rady Naukowej KL FAMO (2004 2010) przewodniczącym był prof. T. Dohnalik, a wiceprzewodniczącym prof. K. Rzążewski.

Oficjalnego otwarcia laboratorium dokonano w trakcie Spotkania FAMO w dniach 10 11 maja 2002 r. Uczestniczyli w nim fizycy ze wszystkich zainteresowanych ośrodków, jak również przedstawiciele Wydziału III Polskiej Akademii Nauk, Komitetu Badań Naukowych i Polskiego Towarzystwa Fizycznego. W pierwszym dniu spotkania wygłoszono trzy referaty poświęcone projektom badawczym przeznaczonym do realizacji w KL FAMO. Rozpoczęła prof. Ewa Stachowska referatem pt. „Badanie małych zespołów jonów w pułapkach", dotyczącym prac wykonywanych przez kierowany przez nią zespół przy użyciu aparatury zakupionej dzięki środkom uzyskanym z KBN. Następnie prof. Wojciech Gawlik przedstawił referat pt. „Nasza droga do kondensatu", w którym przedstawił stan zaawansowania prac konstrukcyjnych zmierzających do zbudowania w KL FAMO układu umożliwiającego zarówno wytworzenie kondensatu Bosego Einsteina, jak i przeprowadzenie badań jego właściwości. Na koniec dr Konrad Banaszek, członek zespołu realizującego pod kierunkiem prof. Cz. Radzewicza projekt dotyczący podstawowych zagadnień optyki i informatyki kwantowej, wygłosił referat pt. „Optyczne implementacje kwantowych technologii informatycznych". Sama uroczystość otwarcia KL FAMO odbyła się w drugim dniu spotkania, tj. w sobotę 11 maja 2002 r. Wzięli w niej udział Rektor UMK prof. Jan Kopcewicz, Przewodniczący Wydziału III PAN prof. Henryk Szymczak, członkowie KBN prof. Łukasz Turski i prof. Daniel Simson oraz przedstawiciele administracji KBN. Po wykładzie prof. Kazimierza Rzążewskiego pt. „Fizyka kwantowa na przełomie tysiącleci" nastąpiła ceremonia przecięcia wstęgi, a następnie prezentacja pomieszczeń i aparatury KL FAMO (*fot. 1-2*).

Fot. 1. Otwarcie KL FAMO. Wstęgę przecina Rektor UMK J. Kopcewicz. Obok niego stoją po prawej T. Dohnalik i S. Chwirot; na drugim planie od lewej: J. Musielok, A. Woszczyk, F. Rozpłoch, B. Bolkowska, D. Simson i H. Szymczak. (fot. T. Robaczewski, 11 maja 2002 r.)

Fot. 2. Prezentacja pomieszczeń i aparatury KL FAMO. Stoją od lewej: S. Chwirot, Ł. Turski, M. Laskowska, B. Bolkowska, M. Kolwas, H. Szymczak, J. Mostowski, A. Kuś, K. Chałasińska Macukow, A. Kus, W. Gawlik i K. Ernst. (fot. T. Robaczewski, 11 maja 2002 r.)

Przyznane przez KBN środki finansowe pozwoliły na utworzenie w ramach KL FAMO trzech pracowni wyposażonych w nowoczesna aparaturę umożliwiającą prowadzenie badań na światowym poziomie. W latach 2001–2004 realizowano je w ramach projektu zamawianego KBN pt. „Nowoczesne metody fizyki zimnej materii i inżynierii kwantowej". W początkowym okresie w badaniach tych uczestniczyli głównie fizycy z Uniwersytetu Warszawskiego, Uniwersytetu Jagiellońskiego, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Politechniki Poznańskiej i Instytutu Fizyki PAN, skupieni wokół kierowników odpowiednich projektów (W. Gawlik, Cz. Radzewicz, E. Stachowska). Później dołączyli do nich studenci i doktoranci z innych ośrodków (Opole, Wrocław, Słupsk). Znaczącym osiągnięciem laboratorium było doprowadzenie pod kierunkiem prof. W. Gawlika do wytworzenia kondensatu Bosego Einsteina w układzie atomów rubidu (2 marca 2007 r.; *fot.* 3). W ten sposób KL FAMO dołączyło do światowej czołówki placówek prowadzących najbardziej zaawansowane badania nad ultrazimną materią. Również w zespole kierowanym przez prof. Cz. Radzewicza przeprowadzono szereg ambitnych badań dotyczących podstawowych problemów optyki i inżynierii kwantowej, związanych z rozwojem nowej generacji źródeł światła i zastosowaniem splątanych fotonów w informatyce i kryptografii kwantowej. Aktywną rolę odegrali tu fizycy z młodszego pokolenia, a mianowicie dr Konrad Banaszek i dr Wojciech Wasilewski, którzy z wielkim entuzjazmem włączyli się w nurt badań laboratorium, co szybko zaowocowało szeregiem publikacji w prestiżowych czasopismach międzynarodowych. Podczas wizyty w 2006 r. z uznaniem do dotychczasowych dokonań KL FAMO odniósł się ówczesny wiceminister prof. Krzysztof Kurzydłowski. W 2007 r. rozpoczęto realizację kolejnego dużego projektu finansowanego grantem MNiSW, tj. „Ultraprecyzyjne pomiary metodami optyki i fizyki atomowej". W ramach tego projektu zespoły badawcze z Krakowa, Warszawy i Torunia podjęły zadanie budowy zegara optycznego oraz opracowania nowych protokołów kwantowego wspomagania pomiarów. O poziomie prowadzonych badań i ich znaczeniu może świadczyć fakt, że wszystkie uczestniczące w tym projekcie zespoły otrzymały w ostatnich latach granty FNP (program TEAM).

Poważniejsze zmiany w kierownictwie nastąpiły w grudniu 2010 r. Po śmierci dwóch członków Rady Naukowej KL FAMO (K. Ernst i K. Wódkiewicz)

Fot. 3. Twórcy kondensatu Bosego Einsteina w KL FAMO. Stoją od lewej: Marcin Witkowski, Michał Zawada, Jerzy Zachorowski, Andrzej Noga, Jacek Szczepkowski, Wojciech Gawlik, Franciszek Bylicki i Włodzimierz Jastrzębski. (fot. Archiwum FAMO, 2007 r.)

oraz ustąpieniu innych (J. Mostowski, M. Kolwas, J. Szudy) zaszła bowiem potrzeba uformowania nowego składu rady. W rezultacie Rektor UMK powołał na kadencję 2011 2013 Radę Naukową KL FAMO w następującym składzie: Czesław Radzewicz, Tadeusz Stacewicz i Marek Trippenbach (Uniwersytet Warszawski), Konrad Banaszek (Uniwersytet Warszawski i Uniwersytet Mikołaja Kopernika), Kazimierz Rzążewski (Centrum Fizyki Teoretycznej PAN), Tomasz Dohnalik i Wojciech Gawlik (Uniwersytet Jagielloński), Mariusz Gajda i Włodzimierz Jastrzębski (Instytut Fizyki PAN), Andrzej Kowalski i Marek Żukowski (Uniwersytet Gdański), Wacław Urbańczyk (Politechnika Wrocławska), Józef Musielok (Uniwersytet Opolski), Ewa Stachowska (Politechnika Poznańska), Ryszard Tanaś (Uniwersytet Adama Mickiewicza) oraz Stanisław Chwirot i Roman Ciuryło (Uniwersytet Mikołaja Kopernika). Przewodniczącym został prof. W. Jastrzębski, wiceprzewodniczącym dr hab. K. Banaszek, a Dyrektorem KL FAMO dr hab. R. Ciuryło.

Działalność KL FAMO ma charakter otwarty dla środowiska fizyków zainteresowanych badaniami w dziedzinie fizyki atomowej, molekularnej i optycznej. Każdy, niezależnie od ośrodka, w którym pracuje, może złożyć na ręce Rady Naukowej KL FAMO projekt badawczy i starać się o jej poparcie w zabieganiu o środki na jego realizację oraz wykorzystanie istniejącej nowoczesnej infrastruktury badawczej. Więcej informacji na temat bieżącej działalności KL FAMO można znaleźć na stronie internetowej laboratorium pod adresem http://famo.fizyka.umk.pl.

Jubileusz 90-tych urodzin Profesora Michaela Kashy

Tomasz J. Wąsowicz
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, Politechnika Gdańska

Streszczenie: Michael Kasha, znakomity fizyk i autor szeregu wyników o fundamentalnym znaczeniu dla nauki i sztuki, obchodził 6 grudnia 2010 roku jubileusz 90 urodzin. Z tej okazji w marcu 2011 roku na Uniwersytecie Gdańskim odbyło się uroczyste seminarium związane z otwarciem wystawy dedykowanej Jubilatowi.

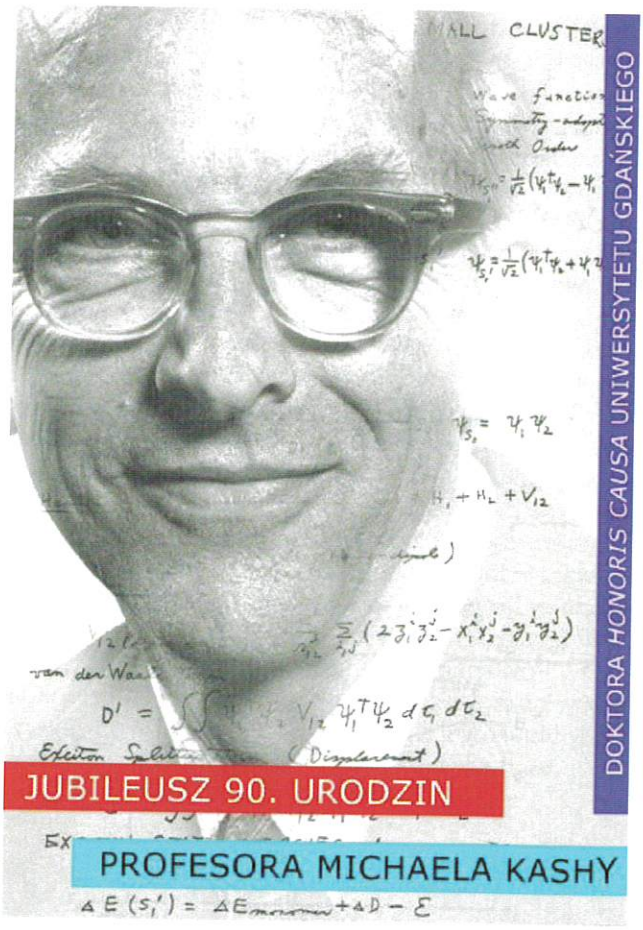
90th anniversary of birthday of Professor Michael Kasha

Abstract: On December 6, 2010, a prominent physicist and author of many fundamental results in both the arts and the sciences, Michael Kasha celebrated the 90th anniversary of his birthday. The 90th birthday symposium associated with an opening of the exhibition devoted to Kasha was held in March 2011 at the University of Gdańsk.

Dnia 4 marca 2011 roku na Wydziale Fizyki, Matematyki i Informatyki Uniwersytetu Gdańskiego odbyło się uroczyste seminarium związane z otwarciem wystawy dedykowanej Doktorowi Honoris Causa Uniwersytetu Gdańskiego profesorowi Michaelowi Kashy z okazji Jego 90-tych urodzin. Wystawę przygotowała mgr Emilia Jakimowicz (Biblioteka Matematyczno-Fizyczna UG) przy dużej pomocy merytorycznej prof. dr hab. Józefa Heldta, który był promotorem w procesie przyznania tytułu honorowego doktora UG profesorowi Kashy.

Wśród przybyłych gości znaleźli się przedstawiciele obecnych władz UG, profesorowie: Józef Włodarski – prorektor UG, Adam Majewski – dziekan WFMiI, Piotr Bojarski – prodziekan WFMiI, Jerzy Kwela – dyrektor IFD, Wiesław Miklaszewski – dyrektor IFTiA, Ryszard Horodecki – dyrektor KCiK. Nadto w uroczystości udział wzięli były rektor UG prof. Zbigniew Grzonka oraz pierwszy dziekan Wydziału Chemii UG prof. Jerzy Błażejowski (obaj piastowali swoje stanowiska w okresie kiedy nadano Doktorat Honoris Causa UG profesorowi Kashy). Na wstępie dziekan Majewski powitał uczestników oraz zaproszonych gości, po czym głos zabrał rektor Włodarski.

Jako że inicjatorem powstania wystawy był profesor Józef Heldt, to on rozpoczął pierwszą – wspomnieniową część sympozjum. W ciepłych słowach przybliżył sylwetkę i dokonania naukowe Jubilata. A te są niebagatelne! Profesor Michael Kasha



(Plakat – Emilia Jakimowicz)

Uczestnicy seminarium (fot. Tomasz Wąsowicz)

jest jednym z głównych twórców współczesnej fotochemii oraz fotofizyki molekularnej. Jego osiągnięcia naukowe są znane na całym świecie. Do kanonu wiedzy obu tych dziedzin od lat należą prawo oraz zjawisko nazwane jego imieniem. Za swoje osiągnięcia naukowe profesor Kasha został uhonorowany wieloma nagrodami i wyróżnieniami, między innymi członkostwem w wielu prestiżowych organizacjach (National Academy of Sciences, American Academy of Arts and Sciences), Medalem George'a Portera w dziedzinie fotochemii, Medalem Aleksandra Jabłońskiego w dziedzinie fotofizyki, Medalem Roberta S. Mullikena w dziedzinie spektroskopii molekularnej, a także wspomnianym doktoratem honorowym Uniwersytetu Gdańskiego za pionierskie osiągnięcia na polu chemii fizycznej oraz za wkład we współpracę z UG. Jubilat jest autorem lub współautorem 145 publikacji i odcisnął swoje piętno nie tylko we wspomnianych dyscyplinach naukowych, ale również w biologii, historii nauki, architekturze, fotografii. Zastosował on teorię drgań do unowocześnienia budowy instrumentów strunowych takich jak gitary, skrzypce, wiolonczele i harfy. Znane są też jego dokonania w sferze uprawy roślin – gdzie badania nad kolorami kwiatów doprowadziły go do okrycia transferu protonu w związkach flawonowych. I właśnie tego równie bogatego nurtu zainteresowań profesora Kashy dotyczyło kolejne wystąpienie, w którym dr hab. Aleksander Kubicki opowiadał o niezwyczajnych zainteresowaniach Profesora, a także o swojej współpracy z Kashą podczas pobytu na stażu naukowym na Uniwersytecie Stanowym Florydy.

Druga część sympozjum miała charakter naukowy. W wykładzie zatytułowanym „Solwatacja preferencyjna fluorenonu i jego pochodnych" doktor Marek Józefowicz referował o najnowszych osiągnięciach w badaniach fluorenonu i jego pochodnych w kontekście poczynionych przez Michaela Kashę odkryć z dziedziny fotofizyki. Drobiny te mają szereg ciekawych zastosowań. Przede wszystkim mają one fundamentalne znaczenie w medycynie, gdzie są wykorzystywane jako sondy fluorescencyjne, a także stanowią bazę do produkcji leków, głównie na chorobę Alzheimera. Ponadto mogą one być używane w produkcji wyświetlaczy ciekłokrystalicznych.

Na zakończenie sympozjum dziekan Majewski uroczyście otworzył wystawę poświęconą profesorowi Kashy i zaprosił uczestników na poczęstunek.

Zmienne losy wystawy

Małgorzata Nowina Konopka
IFJ PAN 31-342 Kraków, ul. Radzikowskiego 152

Streszczenie: Jubileusz Polskiego Towarzystwa Fizycznego stał się okazją do przedstawienia mieszkańcom Krakowa oraz turystom fascynujących zjawisk fizycznych ze szczególnym uwzględnieniem ich zastosowań w życiu codziennym. W pobliżu Collegium Novum Uniwersytetu Jagiellońskiego eksponowano plenerową wystawę plakatów pt. „Fizyka bliżej nas" pokazującą osiągnięcia we wszystkich dziedzinach fizyki od mikroświata cząstek poprzez materię skondensowaną aż do astrofizyki. Na plakatach pokazano także działalność PTF, zwłaszcza Oddziału Krakowskiego oraz ofertę edukacyjną krakowskich uczelni w zakresie fizyki.

Variable Fortune of an Exhibition

Abstract: The jubilee of the Polish Physical Society has become a unique opportunity to present to the inhabitants and tourists of Kraków fascinating physical phenomena, especially those with high technological potential and those having a direct bearing on everyday life. The outdoor poster exhibition entitled "Physics closer to us" was held near Collegium Novum of the Jagiellonian University. It showed achievements in different disciplines of physics ranging from particle physics through condensed matter topics up to astrophysics. Also the activities of the Polish Physical Society, particularly of its Kraków Department, as well as the educational offer of the local universities in the field of physics were presented.

Z okazji 90-lecia istnienia Polskiego Towarzystwa Fizycznego jego Oddział Krakowski przy ogromnej pomocy Uniwersytetu Jagiellońskiego, Instytutu Fizyki Jądrowej oraz Akademii Górniczo–Hutniczej, Politechniki Krakowskiej i Uniwersytetu Pedagogicznego zorganizował plenerową wystawę plakatów pt. **„Fizyka bliżej nas"**. Patronat nad wystawą objął Prezydent Miasta Krakowa prof. Jacek Majchrowski.

Szóstego maja, czyli trzy dni przed terminem otwarcia wystawy wynajęta firma ustawiała plakaty na Plantach. Była przepiękna pogoda. Nic nie wskazywało na możliwość jakiegokolwiek zakłócenia uroczystości otwarcia wystawy oraz jej blisko trzymiesięcznej ekspozycji. A jednak....

Pomiędzy trzecią a czwartą w nocy jacyś pijani wandale zdemolowali połowę ustawionych poprzedniego dnia plakatów! Okazało się, że ani straż miejska ani policja nie są w stanie zapobiec takim ekscesom.

Wydarzenie to ogromnie zwiększyło koszty wystawy: zdewastowane plakaty należało jeszcze raz wydrukować. Ponadto pozostało prawdopodobieństwo, że wandalizm może się powtórzyć. Opłacenie firmy ochroniarskiej absolutnie wykraczało poza możliwości finansowe organizatorów. Za jedyne sensowne rozwiązanie uznano zmianę lokalizacji wystawy. Z pomocą pospieszył Rektor Uniwersytetu Jagiellońskiego prof. Karol Musioł udostępniając ogród Kołłątaja czyli dziedziniec pomiędzy Collegium Kołłątaja (dawnym Collegium Physicum) przy ul. Gołębiej 9, a Wydziałem Historycznym przy ul. Św. Anny 6.

Z wielkim wysiłkiem udało się dotrzymać terminu otwarcia wystawy. We wtorek 10 maja w Collegium Witkowskiego przy ul. Gołębiej 13, w auli im. Ks. J. Tischnera, w imieniu organizatorów gości powitał prowadzący uroczystość prof. Stanisław Dubiel. „Obym ja kiedyś dożył tej pociechy, żeby fizyka trafiła pod strzechy" sparafrazował słowa Mickiewicza Rektor UJ prof. Karol Musioł. Nie ma już strzech, a urządzenia działające na bazie odkryć fizyków są w każdym domu: świecą się lampy, gra radio, funkcjonują lodówki, kuchenki, telewizory, telefony, fax, a ostatnio często i internet wszystko dzięki zastosowaniu zjawisk zaobserwowanych przez fizyków właśnie.

Jeszcze wystąpił przedstawiciel Prezydenta Miasta Krakowa Jacka Majchrowskiego – Wiesław

Ustawianie plakatów na Plantach

Fot. Krzysztof Magda

Starowicz i odczytał list gratulacyjny adresowany do prezesa OK PTF prof. Wojciecha Gawlika z życzeniami dalszych sukcesów z okazji 90-lecia Polskiego Towarzystwa Fizycznego i powodzenia dla wystawy.

Wykład inauguracyjny p.t. **„Fizyka w Polsce w okresie międzywojennym"** wygłosił prof. Andrzej Kajetan Wróblewski. Pokazał, jak ważną rolę pełniła wówczas fizyka polska zarówno w stosunku do innych dziedzin krajowych, jak i na arenie światowej.

Przechodząc przez Ogrody Profesorskie zebrani udali się na lampkę wina przygotowaną przez organizatorów w piwnicach Collegium Maius. Tam mogli obejrzeć, inną niż aktualnie otwierana, wystawę poświęconą Marii Curie-Skłodowskiej

Wykład prof. Andrzeja Kajetana Wróblewskiego

Fot. Krzysztof Magda

z okazji 100-lecia przyznania jej Nagrody Nobla. Zwiedzanie wystawy „Fizyka bliżej nas" stanowiło zwieńczenie uroczystości. Nie przecinano wstęgi, ale zebrani goście grupkami z zainteresowaniem obserwowali i komentowali eksponowane plakaty.

Zamiast przy bardzo licznie uczęszczanym trakcie spacerowym na Plantach wystawa na półtora miesiąca znalazła się w wysadzanym bukszpanowymi żywopłotami, urokliwym, ale ekskluzywnym miejscu Krakowa.

W tym czasie zadbano o lepszą reklamę, rozesłano ulotki i plakaty informujące do krakowskich uczelni i szkół średnich, oznakowano wejścia... Niestety niewiele to wpłynęło na słabą frekwencję zwiedzających. Od lipca wystawę przeniesiono z powrotem na Planty! Tam była czynna do końca miesiąca przez 24 godziny. Mieliśmy nadzieję, że Opatrzność będzie nad nią czuwać i kolejna dewastacja nie dojdzie do skutku.

Wystawa miała na celu zainteresowanie mieszkańców Krakowa, a zwłaszcza młodzieży szkolnej fizyką i jej osiągnięciami. Tej przepięknej nauce zawdzięczamy przecież wiedzę nie tylko o świecie, w którym się poruszamy, o mikrocząstkach – cegiełkach, z których zbudowany jest Wszechświat i prawach rządzących w naturze tych cząstek, ale także o ogromnych obiektach kosmologicznych.

Na plakatach pokazano fascynujące zjawiska fizyczne ze szczególnym uwzględnieniem ich zastosowań w życiu codziennym.

Rektor UJ prof. Karol Musioł prowadzi gości przez ogrody profesorskie. Na pierwszym planie prof. Andrzej Kajetan Wróblewski, po lewej prof. Jerzy Jurkiewicz, w głębi prof. Stanisław Dubiel, prof. Andrzej Warczak, prof. Andrzej Zięba Fot. Krzysztof Magda

Wiele miejsca poświęcono zastosowaniom osiągnięć fizyki dla medycyny: od odkrycia promieni Roentgena, poprzez rezonans magnetyczny, tomografię komputerową aż do najnowocześniejszej – wprowadzonej ostatnio w Krakowie – terapii hadronowej. Fizycy „medyczni" pracują nad sprzętem do diagnozowania i zwalczania chorób, głównie nowotworowych, ale zajmują się też tematyką pokrewną medycynie. Potrafią na przykład prognozować czy i kiedy wybuchnie epidemia grypy.

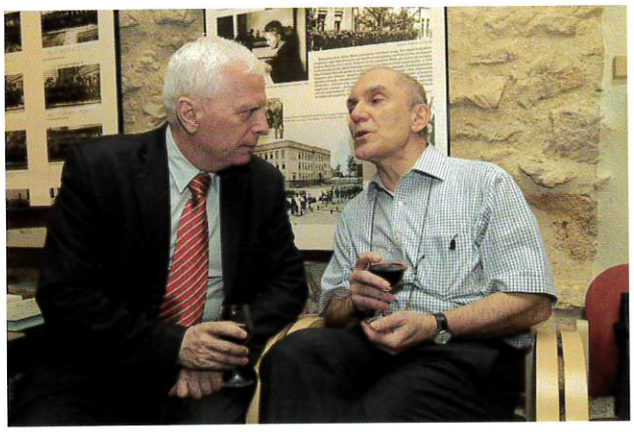
Olbrzymią dziedziną fizyki jest magnetyzm. Badania są prowadzone od kosmosu, przez precyzyjne pomiary na Ziemi i w mikroświecie cząsteczek organicznych. Te ostatnie rokują liczne możliwości aplikacyjne nowych materiałów.

Kilka plakatów przedstawiało zaskakujące możliwości stwarzane przez pojedyncze atomy i cząsteczki tworzące tzw. nanostruktury i materiały o własnościach pozwalających na uzyskanie coraz bardziej miniaturowych pamięci magnetycznych o dużej gęstości zapisu, nanoukładów elektronicznych o wielorakim zastosowaniu.

Prof. Stanisław Dubiel prowadzi uroczystość otwarcia wystawy Fot. Krzysztof Magda

Wystawa na Plantach

Fot. Krzysztof Magda



Rektor UJ prof. Karol Musioł i prof. Wojciech Gawlik w podziemiach Collegium Maius na tle wystawy poświęconej Marii Skłodowskiej-Curie Fot. Krzysztof Magda

Przyjęte przez całą ludzkość z entuzjazmem: lasery, światłowody, sieć komputerowa – to inne przykłady osiągnięć fizyków, o których nie zawsze się pamięta podziwiając efekty świetlne podczas imprez plenerowych, czy korzystając z internetu.

Fizyka fazy skondensowanej była na wystawie reprezentowana przez plakaty o nadprzewodnictwie, badaniach kalorymetrycznych, mikroskopowych, badaniach własności mechanicznych, wodoru jako paliwa przyszłości itd. Nie brakowało też plakatu o fizyce środowiska.

Tematyka wystawy obejmowała również najbardziej aktualne zagadnienia współczesnej fizyki od astrofizyki (jak np. badanie Wszechświata, ewolucja gwiazdy, magnetyzm w kosmosie), fizykę cząstek elementarnych i wczesnego wszechświata (badanie neutrina, eksperymenty na LHC, powtórzenie Wielkiego Wybuchu).

Kilka plakatów było poświęconych uczelniom kształcącym fizyków oraz instytucjom, w których fizycy mogą pracować. Poszczególne wydziały przedstawiły bardzo bogate oferty kształcenia w zakresie różnych działów fizyki. Organizatorzy liczyli, że przyciągną one wiele młodzieży szukającej atrakcyjnej pracy. Wystawa miała też na celu szersze zainteresowanie mieszkańców Krakowa osiągnięciami krakowskiej fizyki i jej wkładu do cywilizacyjno-kulturowego rozwoju naszego miasta.

Post Scriptum:

Wystawa szczęśliwie dotrwała na Plantach do końca lipca i cieszyła się dużym zainteresowaniem. Do organizatorów nadchodzą listy z prośba o jej wypożyczenie lub udostępnienie poszczególnych plakatów. Wydrukowano pewną liczbę płytek CD z ich nagraniem i niebawem rozpocznie się ich dystrybucja. Część plakatów eksponowano podczas kolejnej imprezy pod nazwą Noc Naukowców w Instytucie Fizyki Jądrowej.

Zwiedzanie wystawy w Ogrodzie Kołłątaja Fot. Krzysztof Magda

POSTĘPY FIZYKI W INTERNECIE
http://postepy.fuw.edu.pl

- ARCHIWUM
  spisy treści wszystkich zeszytów

- ARTYKUŁY DO POBRANIA
  m.in. przekłady wykładów noblowskich (Wolfgang Ketterle, Raymond Davis Jr., Masatoshi Koshiba, Riccardo Giacconi, Aleksiej A. Abrikosow, Anthony J. Leggett, Witalij Ł. Ginzburg, Frank Wilczek, David J. Gross, David Politzer, Roy J. Glauber, Theodor W. Hänsch, John L. Hall, John C. Mather, George F. Smoot III, Albert Fert, Peter A. Grünberg) oraz wykłady z ostatnich Zjazdów Fizyków Polskich (Białystok 1999, Toruń 2001, Gdańsk 2003, Warszawa 2005, Szczecin 2007)

- MATERIAŁY DODATKOWE
  uzupełnienia niektórych artykułów

- NOWE KSIĄŻKI
  Leszek M. Sokołowski, ELEMENTY ANALIZY TENSOROWEJ
  Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego,
  Warszawa 2010, ss. 411

  Jan Klamut, „aby nie obtłuściła się dusza Twoja"
  Dom Wydawniczy ELIPSA
  ul. Inflancka 15/198, 00-189 Warszawa
  Warszawa 2010

  Władysław Błasiak, ROZWAŻANIA
  O NAUCZANIU PRZYRODY
  Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego
  Kraków 2011

WKRÓTCE W *POSTĘPACH*

- *Zygmunt M. Galasiewicz przedstawi fragment swoich wspomnień „Dwadzieścia lat wolności. Historia fizyka z Kresów"*
- *Eryk Infeld przedstawi wspomnienia o Ojcu*
- *Genowefa Ślósarek opowie o początkach radiologii i działalności Marii Skłodowskiej-Curie w czasie I wojny światowej*
- *Lidia Smentek przedstawi wywiad z Johnem Campbellem na okoliczność urodzin atomu Rutherforda*

PRENUMERATA

Postępy Fizyki można zaprenumerować w jeden z następujących sposobów.

- PRZEZ ODDZIAŁY PTF (tylko prenumerata krajowa dla członków PTF i studentów):
  Cena rocznej prenumeraty krajowej w 2010 r. wynosi 48 zł.
  Dostawa *Postępów* odbywa się za pośrednictwem Oddziałów.

- PRZEZ ZARZĄD GŁÓWNY PTF (tylko prenumerata krajowa):
  Wpłaty należy dokonać na konto Zarządu Głównego PTF: 19 1020 1097 0000 7802 0001 3128 (PKO BP IX O/Warszawa) lub w Biurze Zarządu Głównego PTF.
  Cena rocznej prenumeraty krajowej w 2010 r. wynosi 60 zł.
  Dostawa *Postępów Fizyki* następuje drogą pocztową pod wskazany adres.

- PRZEZ PRZEDSIĘBIORSTWA KOLPORTAŻU PRASY:
  RUCH (http://www.prenumerata.ruch.com.pl)
  KOLPORTER (http://sa.kolporter.com.pl)
  GARMOND PRESS (http://www.garmond.com.pl)
  Cena rocznej prenumeraty krajowej w 2010 r. wynosi 72 zł.

Prenumerata ze zleceniem dostawy za granicę – patrz http://www.ruch.pol.pl.

Dostępne są również zeszyty archiwalne – prosimy o kontakt z redakcją.

INFORMACJE DLA AUTORÓW

Czekamy na artykuły przeglądowe i monograficzne pod warunkiem, żeby były przystępne dla ogółu fizyków. Układ pracy (tytuł, autor(zy), afiliacja(e), streszczenie po polsku, tytuł angielski, streszczenie po angielsku, tekst, odnośniki literaturowe, podpisy pod ilustracjami itd.) powinien odpowiadać formie przyjętej w *Postępach Fizyki* (patrz artykuły w ostatnich zeszytach). Prace w edytorze WORD z ilustracjami w jpg o rozdzielczości co najmniej 300 dpi prosimy nadsyłać e-mailem równocześnie na dwa adresy: *Postępów Fizyki* postepy@fuw.edu.pl oraz Redaktora Naczelnego jerzy.warczewski@us.edu.pl. Wszystkie prace są recenzowane. Patrz również strona internetowa *Postępów Fizyki*.

REKLAMA W *POSTĘPACH FIZYKI*

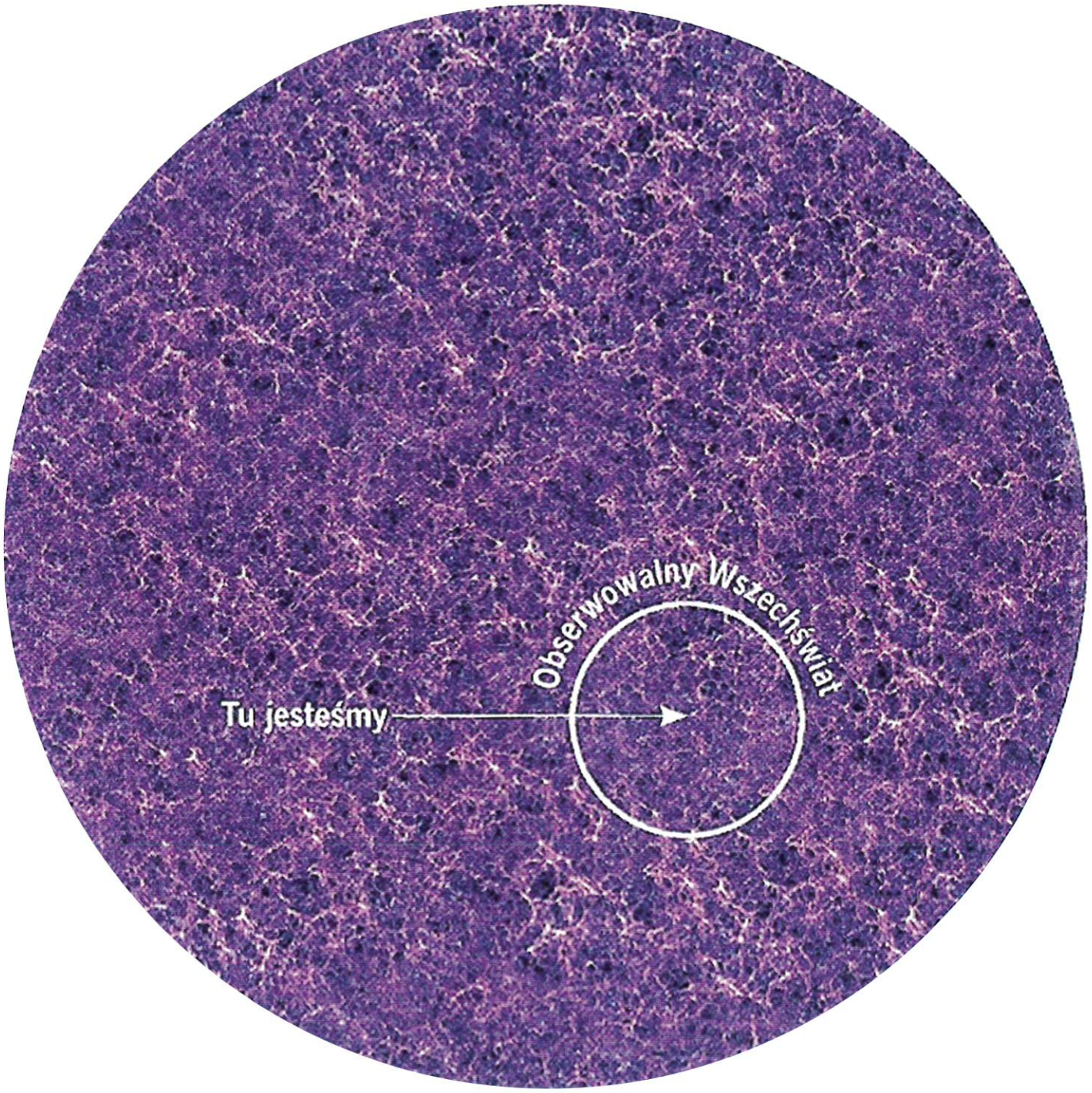
Zapraszamy – szczególnie przedstawicieli producentów aparatury oraz sprzętu i oprogramowania komputerowego, wydawców podręczników i książek naukowych oraz popularnonaukowych – do zamieszczania ogłoszeń reklamowych w *Postępach Fizyki*. Nasze czasopismo dociera do większości polskich fizyków, z których wielu decyduje o bieżących zakupach uczelni, instytutów i szkół. Zainteresowanych prosimy o kontakt e-mailowy równocześnie na dwa adresy: *Postępów Fizyki* postepy@fuw.edu.pl oraz Redaktora Naczelnego jerzy.warczewski@us.edu.pl

POSTĘPY FIZYKI
(ADVANCES IN PHYSICS)

Founded in 1949, published bimonthly in Polish with titles and abstracts both in Polish and English by the Polish Physical Society with a support of the Ministry of Science and Higher Education, the Physics Faculty of the Warsaw University and the Institute of Physics of the University of Silesia.

INFORMATION FOR SUBSCRIBERS

A subscription order can be sent through the local press distributor or directly to „RUCH" S.A. Oddział Krajowej Dystrybucji Prasy, ul. Jana Kazimierza 31/33, skrytka pocztowa 12, 00-958 Warszawa, Poland (for details see http://www.ruch.pol.pl).



Miejsce naszej Galaktyki (Drogi Mlecznej) (str. 104)

Planetoida 167960 Rudzikas (str. 121)