

POSTĘPY FIZYKI

Dwumiesięcznik Polskiego Towarzystwa Fizycznego



FENIKS



Projekt FENIKS

Fizyka i muzyka: teoria strun

Jak światło może napędzać mikromechanizmy?





Prof. Andrzej Kajetan Wróblewski,
wykładowca na finałach II edycji
konkursów dla szkół ponadgimnazjalnych,
w ręce „Historię Fizyki” swojego autorstwa
laureatom I nagrody, Jarosławowi Stankowi
i Damianowi Kutadze
z LO w Kazimierzy Wielkiej,
12.01.10, UJK
(patrz artykuł str. 90)

RADA REDAKCYJNA

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

REDAKTOR HONOROWY

Adam Sobiczewski

KOMITET REDAKCYJNY

Jerzy Warczewski (redaktor naczelny), Maria Matlak (sekretarz redakcji), Michał Matlak, Magdalena Staszal

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

Maciej Piętko (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 Pociąg (Rzeszów), Małgorzata Kuzio (Ślupsk), Janusz Typek (Szczecin), Winicjusz Drozdowski (Toruń), Aleksandra Miłoś (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

Eugeniusz Żukowski (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), Włodimir Tomin (Ślupsk), Mariusz P. Dąbrowski (Szczecin), Jacek 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 Przaszalowicz – 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 oraz druk i oprawa:

Oficina Wydawniczo-Projektowa „Markan” Marcin Kandzióra,
ul. Piastów 7/204, 40-866 Katowice, tel.: 32 254 28 09,
e-mail: markan6@o2.pl, drukarnia Kolumb,
e-mail: info@drukarniakolumb.pl

ISSN 0032-5430

SPIS TREŚCI

W. Broniowski, K. Golec-Biernat, L. Hadasz, A. Pędziwiatr – Projekt FENIKS	90
R. Horodecki – Genesis	96
M. Abramowicz – Muzyka i fizyka: teoria strun	97
R. Janusz SJ – Matematyka, fizyka i filozofia	108
T. Figielski – Fotostrykcja; jak światło może napędzać mikromechanizmy	112
Wspomnienie: Profesor Czesław Bojarski (1923 – 2009)	116
ZE ZJAZDÓW I KONFERENCJI	121
NOWI PROFESOROWIE	124
KRONIKA	129

Drodzy Czytelnicy!

W niniejszym zeszycie Postępów Fizyki są – prócz stałych równie ciekawych rubryk – cztery zasadnicze artykuły. W pierwszym z nich Wojciech Broniowski, Krzysztof Golec-Biernat, Leszek Hadasz i Antoni Pędziwiatr przedstawiają realizację przez trzy Uniwersytety: Jagielloński, Rzeszowski i Jana Kochanowskiego pierwszego etapu wspomaganego przez Unię Europejską Programu FENIKS, który jest długofalowym programem odbudowy, popularyzacji i wspomaganie fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo-technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów. Już po tym pierwszym etapie widać z jednej strony z jakim rozmachem prowadzone są rozmaite formy rozwijania wspomnianych kompetencji uczniów, z drugiej zaś strony widać jaką wspaniałą mamy młodzież. W drugim artykule Marek Abramowicz porusza niezwykłą strunę w instrumencie naszej kultury, czyli kultury wyrosłej z jastrunowskiego mitu śródziemnomorskiego. Chodzi tu o więź fizyki i muzyki a także o atrakcyjność muzyki dla fizyków. To pierwsze jest związane z tym, że muzyka jest przede wszystkim zjawiskiem fizycznym, w szczególności ruch jest czynnikiem organizacji i wyrazu w utworach muzycznych, jak to pięknie ujął Stefan Szuman. To drugie zaś wynika z tego, że język muzyki – jako najbardziej uniwersalny język, z jakim mamy do czynienia – tak bardzo fascynuje fizyków, gdyż oni sami poszukują coraz to doskonalszego języka do jednolitego (zunifikowanego) opisu zjawisk przyrody. Oczywiście muzyka przemawia także do naszych emocji i uczuć, co również urzeka fizyków. Do anegdoty Autora o licznych kontaktach wielkich fizyków z wielkimi muzykami dodam historię, jak to największy bodaj skrzypek XX wieku Jascha Heifetz grywał z Einsteinem na dwoje skrzypiec. Otóż pewnego wieczora, kiedy grali jakiś utwór z taktem na trzy czwarte, tj. raz-dwa-trzy, raz-dwa-trzy, raz-dwa-trzy etc., Heifetz zauważył, że Einstein gra nierytmicznie i rozdrażniony tym zawołał do Einsteina – Co to, nie umie pan zliczyć do trzech? Oczywiście tak powiedzieć do największego geniusza wszech czasów można tylko w konwencji żartu. Tak też było w tym wypadku i obaj panowie zapewne uśmiali się z tego do rozpuku. Trzeba tu dodać, że także i muzycy czerpią swoje natchnienie z idei fizyki, że wymienię wspomnianą przez Autora operę oraz zainspirowaną przeze mnie Wojciechowi Kilarowi jego Symfonię o Ruchu – Sinfonia de motu (patrz Postępy Fizyki, tom 57 (2), 2006, str. 83-84). W trzecim artykule Robert Janusz SJ omawia z filozoficznego punktu widzenia rolę matematyki jako systemu hierarchicznego w fizyce. Zauważa, że fizyka jest otwarta na możliwość dobra filozoficznego. W czwartym artykule Tadeusz Figielski nawiązuje do odkrytego przez siebie przed pięćdziesięciu laty zjawiska fotostrykcji w germanie. Podkreśla ogromny renesans zainteresowań tym zjawiskiem w dzisiejszych czasach, ponieważ stwarza ono możliwość zastosowania go do napędu urządzeń mikromechanicznych.

Należy dodać, że wszystkie teksty przedstawione w niniejszym zeszycie Postępów Fizyki są napisane językiem w pełni dostępnym dla ogółu fizyków, co wcale nie ujmuje tym tekstom głębi, lecz raczej ją uwydatnia.

Jerzy Warczewski

Projekt FENIKS*



Wojciech Broniowski^{1,2}, Krzysztof Golec-Biernat^{3,2}, Leszek Hadasz⁴, Antoni Pędziwiatr⁴

¹ Instytut Fizyki Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach, ² Instytut Fizyki Jądrowej PAN,

³ Instytut Fizyki Uniwersytetu Rzeszowskiego, ⁴ Instytut Fizyki im. M. Smoluchowskiego Uniwersytetu Jagiellońskiego

Streszczenie: FENIKS jest długoterminowym projektem mającym na celu odnowienie, popularyzację i wsparcie nauczania fizyki w szkołach II stopnia. Jest on przeprowadzany przez Uniwersytet Jagielloński, Uniwersytet Rzeszowski i Uniwersytet Jana Kochanowskiego w ich województwach na zasadzie partnerstwa. Projekt trwający trzy lata dociera do 250 szkół z ponad 2500 wybranych uczniów zorganizowanych przez nauczycieli w dziesięcioosobowe grupy. Działania programowe koncentrują się na eksperymentach fizycznych jako na kluczu do zrozumienia fizyki. Głównymi elementami projektu są przeprowadzane po godzinach lekcje fizyki w szkołach, ćwiczenia w laboratoriach uniwersyteckich, wykłady przedstawiające eksperymenty fizyczne, wizyty uczonych w szkołach, konkursy projektów naukowych przygotowanych przez uczniów, liga internetowa rozwiązywania zadań oraz obozy letnie i zimowe. Projekt jest finansowany przez *Operational Programme Human Capital of the European Social Fund*.

Abstract: FENIKS is a long-term project for restoration, popularization, and supporting the teaching of physics in secondary schools. It is carried out by the partnership of the Jagellonian University, the University of Rzeszów, and the Jan Kochanowski University in their voivodships. The project, lasting three years, reaches to 250 schools with over 2500 selected pupils organized by teachers in groups of ten. The program activities are focused on physics experiments as the key to understanding physics. The main elements of the project are after-hour physics lessons at schools, exercises in the university laboratories, lectures displaying physics experiments, visits of scientists to schools, competitions of science projects prepared by the pupils, internet problem-solving league, and Summer/Winter camps. The project is financed from the *Operational Programme Human Capital of the European Social Fund*.

Potrzeba ratowania fizyki w polskiej szkole jest dziś dla nas wszystkich oczywista. W obliczu postępującej degradacji znaczenia tego przedmiotu, skutkującej dramatycznym spadkiem liczby studentów fizyki, konieczne są szeroko zakrojone działania mające na celu zainteresowanie nią młodzieży i wsparcie jej nauczania. Nie jest bynajmniej oczywistym jak to robić w sposób skuteczny, nawet przy posiadaniu kadry i stosownych środków. W niniejszym artykule pragniemy podzielić się z Państwem ponadrocznymi doświadcze-

niami, które w naszym przekonaniu sprawdzają się nad wyraz dobrze, a wypracowane ramy programowe i schemat organizacyjny mogą być z powodzeniem realizowane w innych ośrodkach.

Ogólne informacje

Od ponad roku Uniwersytet Jagielloński, Uniwersytet Rzeszowski i Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego w Kielcach realizują wspólnie projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej o nazwie

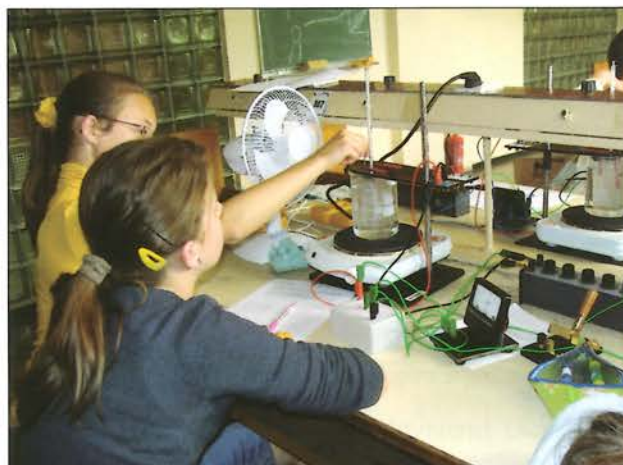
FENIKS – długofalowy program odbudowy, popularyzacji i wspomaganie fizyki w szkołach w celu rozwijania podstawowych kompetencji naukowo - technicznych, matematycznych i informatycznych uczniów. Działania edukacyjne rozpoczęły się 1 lutego 2009 r. i potrwają sześć pełnych semestrów do 31 stycznia 2012 r. Projekt adresowany jest do uczniów gimnazjów i szkół ponadgimnazjalnych w trzech województwach: małopolskim (70 szkół), podkarpackim (80 szkół) i świętokrzyskim (100 szkół), obejmując swym działaniem w danym momencie ponad 2500 uczniów (docelowo ok. 5000 uczniów w ciągu trzech lat). Każda z uczelni koordynuje działania na terenie swojego województwa w ramach jednolitego programu. FENIKS dociera więc do wielu szkół, zarówno w ośrodkach miejskich jak i wiejskich. W każdej, wybranej na podstawie konkursu szkole, nauczyciel utworzył grupę ok. 10 najzdolniejszych i najbardziej umotywowanych uczniów, którzy są prawdziwie zainteresowani fizyką, co jest kluczem do sukcesu. Nadrzędnym celem projektu jest rozbudzenie wśród uczniów zainteresowania fizyką, a szerzej naukami ścisłymi, poprzez rozwijanie ogólnych zainteresowań poznawczo-naukowych, uzupełnienie i ugruntowanie wiedzy z fizyki oraz uświadomienie znaczenia odkryć naukowych z dziedziny fizyki dla rozwoju poznawczego, a w konsekwencji postępu technologicznego ludzkości. Inne cele obejmują aktywizację nauczycieli oraz kadry akademickiej w popularyzacji fizyki, co, jak gorąco wierzymy, doprowadzi do znacznego zwiększenia liczby studentów fizyki i przedmiotów pokrewnych.

Wokół doświadczeń

Działania projektu są ściśle zogniskowane na uczeniu fizyki poprzez samodzielne wykonywanie doświadczeń przez uczniów w szkołach, na zajęciach z nauczycielem oraz na uczelniach podczas zajęć w pracowniach fizycznych. Podążamy tutaj tropem wielkiego polskiego fizyka Mariana Smoluchowskiego, który w swym wykładzie p.t. „Znaczenie nauk ścisłych w wykształceniu ogólnym”, wygłoszonym na Uniwersytecie Jagiellońskim 29 maja 1917 r., powiedział:

„Fizyka i chemia, na równi z innymi naukami opisowo-przyrodniczymi, kształcą zdolność bezpośredniej obserwacji, spostrzegawczości i samodzielności sądu. Uczą czytać prawdę nie

z bibuły ani z własnej fantazji, lecz tylko z obserwacji przyrody. Żeby ta ich charakterystyczna cecha zaznaczyła się również i w szkole, musimy



Uczennice gimnazjum na pracowni, UJ

ich uczyć w sposób prawidłowy. Nie tylko pokazując ex cathedra doświadczenia, ale opierając się na własnoręcznych ćwiczeniach uczniów w pracowni fizycznej i chemicznej, na własnej obserwacji przyrodniczej.”



„Fizyka w praktyce” na UJ – po prawej stronie prof. Bogusław Kamys

Aby zrealizować tę zasadę, w ramach naszego projektu prowadzony jest szereg skoordynowanych działań dydaktycznych, które kolejno przedstawiamy.

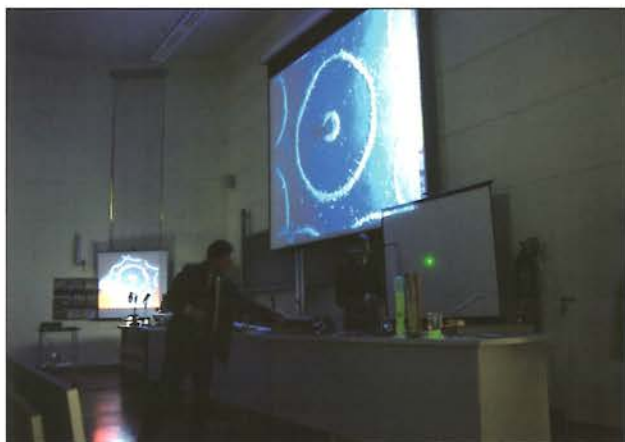
Zajęcia pozalekcyjne dla uczniów w szkołach są prowadzone przez nauczycieli fizyki z grupą 10 uczniów w wymiarze dwunastu dwugodzinnych zajęć pozalekcyjnych w semestrze. Jest to w istocie próba odtworzenia istniejących dawniej w szkołach „kótek fizycznych”, jednak z bardzo istotnymi pozytywnymi różnicami – program merytoryczny oparty jest na przepro-



Obiad w przerwie między zajęciami, UJ

wadzeniu prostych doświadczeń z fizyki i jest zsynchronizowany z innymi zadaniami Projektu prowadzonymi w ścisłej współpracy z uczelnią.

„Wizyty z fizyką” pracowników uczelni w szkołach mają na celu dotarcie do szerszych rzesz uczniów poprzez pokazy najatrakcyjniejszych doświadczeń. Program prowadzi dwie osoby przez 4 godz. lekcyjne. Wizyty mają charakter popularyzatorski i przeznaczone są dla



Prof. Marek Pajek demonstruje drgania membrany podczas wykładu z pokazami, UJK

wszystkich zainteresowanych uczniów odwiedzanej szkoły. Każda uczestnicząca szkoła odwiedzana jest dwukrotnie w okresie trwania projektu.

Fizyka w praktyce – zajęcia dla uczniów na uczelniach odbywają się dla każdej szkoły raz w semestrze. Program wizyty na uczelni obejmuje wykład z pokazami (2 godz.) oraz zajęcia w pracowniach fizycznych uczelni (3 godz.

dla każdej 10. osobowej grupy uczniów) poświęcone samodzielnemu wykonywaniu ciekawych doświadczeń pod kierunkiem pracowników naukowo-dydaktycznych uczelni. Nauczyciele przygotowują uczniów w ramach zajęć pozalekcyjnych do ich wykonania, omawiając niezbędne podstawy, a następnie pomagają im opracować otrzymane wyniki. Eksperymenty mają na celu umiejscowienie fizyki w naszym życiu, unaocznienie praw fizycznych oraz powiązanie ich z obserwacjami i codziennym doświadczeniem uczniów. Zajęcia są dobrane w taki sposób, aby mogli w nich uczestniczyć uczniowie klas różnych poziomów. Najprostsze ćwiczenia częstokroć wykorzystują łatwo dostępne przedmioty codziennego użytku, podczas gdy bardziej zaawansowane, wykonywane m. in. na zakupionym dla realizacji projektu sprzęcie dają przedsmak prawdziwej pracy badawczej eksperymentatora.



Prof. Andrzej Kajetan Wróblewski, wykładowca na finałach II edycji konkursów dla szkół ponadgimnazjalnych, wręcza „Historię Fizyki” swojego autorstwa laureatom I nagrody, Jarosławowi Stankowi i Damianowi Kuładze z LO w Kazimierzy Wielkiej, 12.01.10, UJK



... i ich dzieło: domowej roboty silnik Stirlinga

Konkursy uczniowskich projektów naukowych są bardzo istotnym i atrakcyjnym elementem Projektu FENIKS, mającym na celu jak największą aktywizację uczniów i nauczycieli wokół samodzielnie realizowanych pomysłów autorskich na pokazowe doświadczenia z fizyki. Mają one charakter etapowy (szkoła, uczelnia, raz do roku finały międzywojewódzkie) i są organizowane niezależnie dla gimnazjów i szkół ponadgimnazjalnych w każdym z województw. Odbyte dotąd edycje konkursów były niezwykle udane i pokazały, że wśród uczestników mamy wielu bardzo utalentowanych i pomysłowych uczniów, znakomicie kierowanych przez swoich nauczycieli. Poziom wielu zaprezentowanych prac był naprawdę bardzo wysoki. Finałisti konkursów prezentują publicznie swoje prace, pozostali uczniowie biorą udział w sesji plakatowej. Wszyscy uczestnicy otrzymują atrakcyjne nagrody. Finały konkursów uczniowskich projektów naukowych są świetną zabawą i swoistym świętem fizyki, a przy okazji pełnią też rolę sprawdzania jakości pracy nauczyciela z uczniami.

Obozy naukowe są główną nagrodą dla laureatów konkursów oraz Internetowej Ligi Fizycznej (łącznie 45 uczestników co semestr). Program naukowy obozów jest dostosowany do większych niż przeciętne możliwości intelektualnych uczniów, odpowiadając na ich potrzeby rozszerzenia standardowego programu szkolnego. Specjalnie zaprojektowane atrakcyjne zajęcia z fizyki są realizowane w intensywny sposób przez prowadzących obozy pracowników uczelni i nauczycieli. Jest to również okazja do spotkań z wybitnymi fizykami z uczestniczącymi w projekcie uniwersytetów, którzy odwiedzając obozy zapoznają uczniów w przystępny sposób z prowadzonymi przez siebie badaniami naukowymi.

Internetowa Liga Fizyczna zamieszczona na portalu edukacyjnym Projektu <http://www.feniks.ujk.edu.pl>, oferuje do rozwiązania w regularnych odstępach czasu ciekawe zadania o różnym stopniu trudności. Zainteresowani uczniowie przesyłają za pośrednictwem portalu rozwiązania do oceny, uczestnicząc w ciągłym rankingu najlepszych fizyków, zakończonym zdobyciem tytułu „Najlepszego fizyka miesiąca/roku Ligi Fizycznej”. Nagrodą dla najlepszych jest udział w obozie naukowym.



Zajęcia w pracowniach Instytutu Fizyki URz

Multimedialny portal edukacyjny <http://www.feniks.ujk.edu.pl> stanowi profesjonalnie organizowane, wygodne forum wymiany informacji i materiałów dydaktycznych uczestników Projektu.

Doposażenie pracowni w ramach środków Projektu, zarówno szkolnych jak i uczelnia-

nych, umożliwiło bogatszą ofertę programu doświadczalnego. Stan pracowni szkolnych jest w większości szkół opłakany i chociaż nasze wsparcie jest tu kroplą w morzu potrzeb, jest ono często bodźcem do odbudowy zasobów pracowni fizycznych w szkołach już z lokalnych funduszy.

Pakiety tematyczne

Zajęcia pozalekcyjne skorelowane są z ofertą uczelni poprzez wybór tzw. *pakietu tematycznego*. W danym semestrze nauczyciel koncentruje się na jednym pakiecie, realizując go w szkole oraz podczas wizyt na pracowniach uczelnianych, co zapobiega zbytniemu rozproszeniu tematyki. Tematy pakietów są następujące: *Fizyka wokół domu, Ruch, Ciepło i silniki, Światło, dźwięk, powietrze, Zimno, zimniej, najzimniej, Fizyka w służbie człowieka, Ładunki prądu, magnesy, Procesy falowe – od huśtawki do tsunami, Elektronika i przetwarzanie informacji, Droga do gwiazd – astronomia, astrofizyka, kosmologia, Natura światła, Energia i jej przemiany*. Programy pakietów, zawierające m. in. szczegółowe instrukcje przeprowadzania ćwiczeń przez uczniów, zostały opracowane przez pracowników uczelni.

Budżet

Całkowity budżet projektu FENIKS na trzy lata na trzy województwa wynosi ok. 16 mln zł. Dużą jego część pochłaniają koszty osobowe prowadzenia zajęć przez nauczycieli w szkołach oraz przez pracowników naukowo-dydaktycznych na uczelniach. System zaprojektowany został w taki sposób, aby nauczyciel za swoje wysiłki został godziwie wynagrodzony. Pozwala to na realizację zasady „płacimy, ale wymagamy”. Jest to bardzo istotny aspekt projektu, „klucz do sukcesu”, m. in. dzięki któremu nie mieliśmy żadnych kłopotów z rekrutacją, mamy praktycznie 100% frekwencję na zajęciach i finałach konkursów. Nie musimy opierać się na działaniach „ochotniczych”, co, choć chwalebne, jak wiemy, w naszych realiach jest bardzo trudne. Prowadzona jest też ciągła „unijna” ewaluacja działań projektu w ścisłej współpracy z nauczycielami, a także wyrwykowe kontrole realizacji projektu w szkołach i na uczelniach.

Działania uzupełniające

Prowadzimy też liczne działania uzupełniające, które przyczyniają się do dobrego po-

strzegania Projektu. Podczas wizyt na uczelni uczestnicy dostają obfity poczęstunek, pokrywamy koszty przyjazdu, rozdajemy materiały dydaktyczne i promocyjne dla uczniów (kalkulatory, pamięci przenośne, tablice matematyczne, książki, koszulki, gadżety), prowadzimy bogatą kronikę filmową i zdjęciową zajęć dydaktycznych, zamieszczaną na portalu i przekazywaną do szkół. Zakupujemy też i rozdajemy wszystkim uczestnikom czasopismo „Neutrino”, wydawane przez Instytut Fizyki UJ i Polskie Towarzystwo Fizyczne.

Wszystko to powoduje, że wytwarza się w szkole bardzo pozytywna, motywująca do pracy atmosfera. Nauczyciele rekrutują najlepszych, często prosząc o możliwość rozszerzenia grupy Feniksa o kilku uczniów więcej. Wizyty na uczelni, wysłuchanie wykładów, udział w zajęciach na pracowniach oraz w konkursach jest dla nich niezapomnianym przeżyciem, które otwiera nowe horyzonty i napawa wiarą w sens uczenia się. Projekt cieszy się też przyjaznym zainteresowaniem mediów – w czasie inauguracji Projektu ukazało się wiele informacji prasowych, nadawane były audycje radiowe i migawki telewizyjne, a po finałach konkursów ukazują się w lokalnej prasie krótkie notatki ze zdjęciami. W Rzeszowie laureaci konkursów są zapraszani do studia Polskiego Radia, gdzie opowiadają o swych fizycznych pasjach w programie *Radiolatorium*.

Wnioski

Jesteśmy przekonani, że projekt FENIKS poprzez zogniskowanie działań na najzdolniejszych, prawdziwie zainteresowanych fizyką uczniach, skutecznie „wyłowi” przyszłych adeptów nauk ścisłych. Uczestnictwo w projekcie dla najlepszych tworzy bowiem etos fizyki. Przyjazd na uczelnię dodatkowo dowartościowuje uczniów, którzy mają okazję poznać jej mury, spotkać się z miłym i rzeczowym przyjęciem, pozwala niejako „przymierzyć” do przyszłego studiowania. Tym samym uczelnia buduje i upowszechnia swój wizerunek.

Uważamy też, że nasza metoda i schemat organizacyjny sprawdzają się znakomicie. Jest to niebagatelne przedsięwzięcie, wymagające organizacji 12 zjazdów uczniów w semestrze, mobilizacji kadry, adaptacji ćwiczeń na pracowniach do poziomu gimnazjum i liceum, nie mówiąc już o logistyce, administracji i unijnej biurokracji!

Choć na ocenę długofalowych rezultatów projektu w środku jego realizacji jest jeszcze za wcześnie, jednak na podstawie obserwacji i docierających do nas licznych sygnałów jesteśmy przekonani, że nasze działania pełnią ważną rolę edukacyjną, uzupełniającą i wspierającą kursowe nauczanie fizyki w szkołach, a położenie nacisku na doświadczenia fizyczne i autorską pracę uczniów i nauczycieli okazało się strzałem w dziesiątkę!

Co jest zatem potrzebne w przedsięwzięciu skali Feniksa? Grupa zapaleńców, niebagatelne fundusze, obdarzeni pasją nauczyciele, znakomita kadra uniwersytecka umiejąca pochylić się cierpliwie nad gimnazjalistą i licealistą, profesjonalna administracja, przychylność władz uczelni, kuratorów, dyrektorów szkół i przede wszystkim zdolni, ciekawi świata uczniowie. W Feniksie mamy szczęście posiadać wszystkie te elementy.

Wiedząc, jak ogromne jest zapotrzebowanie na wszelkie tego typu działania, bardzo chętnie podzielimy się naszymi doświadczeniami z wszystkimi zainteresowanymi. Zapraszamy też do obejrzenia zajęć Feniksa na naszych uczelniach!

WB, KGB, LH, AP

Dalsze informacje o Projekcie można znaleźć na stronach

<http://www.fais.uj.edu.pl/FENIKS>,
http://www.if.univ.rzeszow.pl/aktualnosc_feniks,
<http://www.feniks.ujk.kielce.pl>

Biura Projektu FENIKS:

1. Instytut Fizyki UJ, 30-059 Kraków, ul. Reymonta 4, pok. 608, tel. 12 663 2703, e-mail: feniks@th.if.uj.edu.pl,

Kierownik Projektu: prof. dr hab. Antoni Pędziwiatr

Koordinator UJ: dr hab. Leszek Hadasz

2. Instytut Fizyki Uniwersytetu Rzeszowskiego, 35-310 Rzeszów, al. Rejtana 16A, pok. 120, tel. 17 872 1110, e-mail: feniks@univ.rzeszow.pl

Koordinator URz: prof. dr hab. Krzysztof Golec-Biernat

3. Instytut Fizyki Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego Jana Kochanowskiego, 25-604 Kielce, ul. Świętokrzyska 15, pok. 55, tel. 41 349 6458, e-mail: feniks@ujk.edu.pl

Koordinator UJK: prof. dr hab. Wojciech Broniowski

* Projekt realizowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, poddziałanie 3.3.4, Program Operacyjny Kapitał Ludzki (konkurs nr 1/POKL/3.3.4/08), instytucja pośrednicząca: Departament Funduszy Strukturalnych Ministerstwa Edukacji Narodowej.

POEZJE PROFESORA RYSZARDA HORODECKIEGO FIZYKA-POETY

Dzisiaj drukujemy piąty wiersz fizyka-poety profesora Ryszarda Horodeckiego zarówno po polsku: *Genesis* (fragment), jak też i po angielsku: *Genesis* (fragment), w tłumaczeniu Jean Ward. Wiersz pochodzi z dwujęzycznego tomu wierszy „Sum ergo cogito (Impresje poetyckie Poetic Impressions)”, Wydawnictwo „Marpress” Gdańsk 2009.

Genezis

(fragment)

W kwantowych stanach wrze materia
oktety cząstek sieć symetrii
apokalipsa w mikrohistoriach
hadronów kwarków w ciemnych jądrach
a l g o r y t m przełamuje nadmiar
i geometrie spręży w światło
w zaułkach krzywizn spontanicznie
symetrie łamie siódmy wymiar
kaskadą strun wybucha przestrzeń
i zwija nicłość wielki dywan
- strumień kwantowych alternatyw
skanuje przestrzeń nielokalnie
substancja kumuluje akty
napina struny potencjalność
-oddziaływania silne słabe
sprężonych pól skłócone jęki
spadają w próżnię gęstym gradem
a niżej chaos rozpostarty
a niżej jeszcze – cisza mądra

symbole pisze światłem zszywa
atomy życia nieporadne

Genesis

(fragment)

Matter seethes in quantum states
octets of particles web of symmetry
apocalypse in microhistories
of hadrons of quarks in dark nuclei
the a l g o r i t h m breaks through excess
compresses geometries into light
in alleys of curvatures spontaneously
the seventh dimension smashes symmetries
space erupts in cascades of strings
and a great carpet rolls up the void
- a stream of quantum alternatives
scans space non-locally
substance accumulates acts
potentiality tightens its strings
- weak forces and strong
bickering groans of coupled fields
fall into Nothing in dense hail
while chaos stretches out below
and lower still – wise silence

writes symbols draws together with light
the bewildered atoms of life

Muzyka i fizyka: teoria strun

Marek Abramowicz

Wydział Fizyki Uniwersytetu w Göteborgu, Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika PAN w Warszawie

Streszczenie: Fizyka i muzyka, ich wzajemne inspiracje i fascynacje, to wielki i ciekawy temat. Na samym początku fizyka była po prostu muzyką. Dwa i pół tysiąca lat temu powstała jako pitagorejska teoria strun. Całkiem zwyczajnych strun, takich jak struny cytry czy harfy. Pitagorejczycy odkryli matematyczny związek pomiędzy brzmieniem muzycznego akordu a stosunkiem długości dwóch strun instrumentu grającego ten akord. Dziś wielu fizyków sądzi, że wszystko, co istnieje, bierze się z drgań nigdy jeszcze nieobserwowanych, mniejszych niż atomy strun. Są one podstawowym elementem, z którego zbudowana jest materia. W strunowym opisie świata niektórzy dostrzegają muzyczne analogie i inspiracje, innym wydają się one zupełnie nieistotne. W tym szkicu nie będę rozważał, kto ma rację. Pójdę bocznym nieco tropem, skromnie śledząc inne związki fizyki i muzyki, być może nie najważniejsze. Przypomnę po prostu anegdoty o grze trzech sławnych, nieżyjących już współczesnych fizyków: Alberta Einsteina (skrzypce), Wenera Heisenberga (fortepian) i Richarda Feynmana (bębny)¹. Zacznę jednak od początku, to znaczy od Pitagorasa.

Abstract: The relationship between Music and Physics and their mutual influences is a fascinating subject. Two and a half millennia ago Physics was nothing but Music. It emerged from Music through the Pythagorean *theory of strings*. Quite ordinary strings really, like those of a zither or harp. Pythagoreans discovered that there was a mathematical relationship between a musical chord and the ratio of the length of two strings on the instrument playing the chord. Today, many physicists believe that all that exists, originates from minute vibrations of subatomic, not yet discovered, strings, which are the fundamental building blocks of matter. Some see musical analogies and influences in this description of Nature, to others these analogies seem totally irrelevant. In this essay I am not attempting to judge who is right. More modestly, I will veer somewhat off-topic and consider other relationships between physics and music, perhaps not even the most significant ones. I aim to simply recall a few anecdotes about the musical exploits of three famous contemporary physicists: Albert Einstein (violin), Werner Heisenberg (piano) and Richard Feynman (drums). I will start, however, from the very beginning, namely from Pythagoras.

¹ O ile wiem, nigdy nie zagrali razem w trio. Einstein nie bardzo lubił Heisenberga (zobacz przypis 9), wątpię więc czy kiedykolwiek zagral z nim w duecie. Wiem, że Einstein i Heisenberg osobno grali w duetach z Maxem Bornem, bardzo bliskim przyjacielem Einsteina i – jak oni – Noblistą: <http://www.abc.net.au/rn/science/incon/stories/s1338650.htm>, albo "The Born – Einstein Letters", Macmillan, 2005 (przedmowa Wenera Heisenberga, wstęp Bertranda Russela). Born urodził się we Wrocławiu (wtedy Breslau), gdzie ukończył gimnazjum i gdzie studiował na uniwersytecie, mojej *alma mater*. Olivia Newton John jest wnuczką Borna, przez jego córkę Irene Born.

1. Pitagoras z Samos: muzyczna harmonia świata

Pitagorejczycy odkryli, że przyjemnie brzmiące harmoniczne interwały muzyczne można zagrać na strunach, których długości wyrażają się poprzez proste ułamki, to znaczy stosunki niewielkich liczb całkowitych. Wysokość tonu zależy od długości struny. Im dłuższa struna, tym niższy ton. Aby otrzymać brzmienie (na przykład) kwinty², należy trącić dwie struny, których długości mają się do siebie jak 3/2. Było to odkrycie o niezwykle doniosłych konsekwencjach dla całej cywilizacji i kultury. W istocie bowiem, pitagorejczycy sformułowali w ten sposób Bardzo-Ważną-Zasadę, genialną w swej prostocie i skuteczności:

*Realny świat daje się zrozumieć
i opisać w języku matematyki.*

Do dziś z tego odkrycia korzystamy, choć przyczyna skuteczności zupełnie przeciw abstrakcyjnej matematyki w opisie jak najbardziej realnego świata pozostaje niepojętą tajemnicą. Tak, tajemnicą, bowiem dla każdego, kto się nad tym zastanawia z rozmysłem zacznie, wydać się musi niepojętym i zdumiewającym jak to możliwe, iż najpiękniejsze (w sensie pitagorejskiej harmonii) twory abstrakcyjnej wyobraźni matematyków nierzadko przekształcają się w najdoskonalsze modele realnych zjawisk i obiektów, a nawet *przepowiadają* zjawiska nieodkryte, których nikt by się ani spodziewał, ani nawet domyślał³.

Fizyka przez całe swe dzieje oparta była na tej wywodzącej się wprost z muzyki pitagorejskiej zasadzie „matematyczności świata”, a muzyka i jej harmonia zawsze inspirowały fizyków. Za najbardziej ważki w tym względzie przykład uznać trzeba naukową twórczość Johanna Keplera. Kepler wiązał muzykę z budową wszechświata zapewne pod wpływem uważnej lektury dzieł Vincenzo Galilei, ojca

Galileusza, lutnika i teoretyka muzyki, który kontynuował badania pitagorejczyków i ustalił jak wysokość dźwięku zależy od naprężenia struny. Kepler miał wręcz obsesję na temat muzycznej *Harmonices Mundi*, to znaczy harmonii światów. W swej książce, o tym właśnie tytule, wydanej w roku 1619, posłużył się prostą analogią pomiędzy tonem drgającej struny, a prędkością (kątową) planety na orbicie: im większa prędkość, tym wyższy ton. Zauważył, że na orbicie Ziemi ton najwyższy i najniższy są w stosunku 16/15 (różnią się więc o półnutę), a na orbicie Wenus są w stosunku 25/24 (różnią się o ćwierćnutę). Choć dziś nie uważamy tych faktów za istotne, pamiętamy przecież, że w umyśle Keplera ich głębokie przemyślenie stanowiło konieczny krok w kierunku epokowego odkrycia trzech *Praw Keplera*, rządzących ruchem planet. Z namysłu nad znaczeniem Praw Keplera, Isaac Newton zbudował swą monumentalną teorię⁴. Tak powstała nowoczesna Fizyka. Jej sukcesy w XX wieku związane były ściśle z teorią względności Alberta Einsteina, zasadą nieoznaczoności Wernera Heisenberga i elektrodynamiką kwantową Richarda Feynmana. I to już jest nasza historia.

2. Albert Einstein: względność

Zapewne najstojniejszym skrzypkiem w dziejach był Albert Einstein, genialny fizyk. Nie tylko świetnie grał, prywatnie i na publicznych koncertach, ale także przyjaźnił się z wieloma wybitnymi muzykami. Mówił, że w ich towarzystwie czuje się najlepiej. Do kręgu jego najbliższych przyjaciół należeli Fritz Kreisler i Bronisław Huberman, słynni w ubiegłym stuleciu wirtuozi skrzypiec, znakomity wiolonczelista Gregor Piatigorsky i pianista Robert Casadesus. O przywiązaniu Einsteina do gry na skrzypcach przypominają liczne, dobrze wszystkim znane zdjęcia pokazujące jego skupioną grę lub podróżowanie z nieodłącznym futera-

² Wiem, co to kwinta, jako fizyk. Zastanawiam się teraz bowiem nad przyczyną regularnych oscylacji promieniowania roentgenowskiego, pochodzącego z materii wpadającej do odległych czarnych dziur. Oscylacje obserwowane są w parach częstości, czyli tonów, związanych rezonansem 3:2, jak w muzycznej kwincie. Zobacz mój artykuł z Włodkiem Kluźniakiem, „Na krawędzi czarnej dziury”, *Świat Nauki*, styczeń 2006.

³ Mój artykuł na <http://witryna.czasopism.pl/pl/gazeta/1136/1343/1782/> omawia słynny na ten temat wykład Eugene P. Wignera „The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural science” na New York University w maju 1959 roku. Internetowa *Witryna Czasopism* przedrukowała mój artykuł z *Tematów* z *Szewskiej* nr 1 (2).

⁴ Newton miał niewątpliwie na myśli Keplera (i Galileusza), gdy w liście do Roberta Hooka z 1676 roku napisał słynne i często cytowane zdanie, *If I have seen further it is only by standing on the shoulders of Giants*, co znaczy *Jeśli widziałem dalej, to tylko dlatego, że stałem na ramionach Olbrzymów*. To zdanie jest zresztą jeszcze starszym cytatem (o ponad pięćset lat), autorstwa Bertranda z Chartres, innego Olbrzymia.



Einstein grający na skrzypcach (rysunek Emila Orlika, 1928)

tem u boku⁵. W niespokojnym życiu Alberta Einsteina skrzypce były wiernym towarzyszem i dały mu, jak sam wspominał, wiele przyjemności.

Grał wszędzie gdzie mieszkał, w Niemczech, Szwajcarii, Anglii, Ameryce. Gry uczył się już jako sześciolatek. Doskonalił ją we wczesnej młodości w Monachium, zwracając uwagę swych nauczycieli perfekcyjnym wykonywaniem sonat skrzypcowych Mozarta. Był wybitnie utalentowany. Mozart, a także Bach, byli jego ulubionymi kompozytorami. Grał najchętniej utwory kameralne prywatnie, w kręgu zaufanych przyjaciół, ale dawał też publiczne koncerty, często na cele dobroczynne. Brian Foster w znakomitym⁶ artykule "When music gets physical" (*Oxford Today*, vol. 21, str. 30-31; 2009), z którego często tu korzystam, opisuje koncert Einsteina w prowincjonalnym niemieckim miasteczku. Lokalny dziennikarz,

świadomy ogromnej sławy Einsteina, lecz skonfundowany co do jej źródła, tak komentował: *Pan Einstein zagrał znakomicie. Jednak jego sława wydaje się być nieco przesadzona. Na świecie jest kilku innych skrzypków, którzy potrafią grać równie dobrze.*

W samym sercu czeskiej Pragi, na rynku staromiejskim, naprzeciw słynnego zegara astronomicznego, frontowa ściana jednej z kamienic ozdobiona jest tablicą pamiątkową, która po czesku i po angielsku głosi: *Tutaj, w salonie pani Berty Fantovej, Albert Einstein, w latach 1911-1912 profesor Uniwersytetu w Pradze, twórca Teorii Względności, laureat Nagrody Nobla, grał na skrzypcach i spotykał się ze swymi przyjaciółmi, słynnymi pisarzami Maxem Brodem i Franzem Kafką⁷. Przyjaźń z poznaną później Hanną⁸ Fantovą, żoną Otto Fanty, który był synem prowadzącej staromiejski*



Einstein po skończeniu koncertu wraz z akompaniaturką

⁵ Przez lata woził w nim swe ulubione skrzypce, dobre ale skromne, których nie zamienił na oferowanego mu (pod koniec życia) Guarneri'ego. Oryginalne skrzypce Einsteina kupił André Rieu za 1.5 miliona euro (*Der Tagesspiegel*, 05.04.2006).

⁶ Profesor Brian Foster jest fizykiem z Oksfordu. Napisał swój artykuł a propos *Oxford May Music Festival*, który organizuje wraz z wybitnym skrzypkiem, Jackiem Liebeckiem (w roku 2009 od 29 kwietnia do 4 maja). Poprawiłem tu, bez wymieniania, kilka błędów świetnego artykułu Fostera. (*Oxford Festival*: <http://www.oxfordmaymusic.co.uk/home.html>).

⁷ Intelktualna elita żydowskiej Pragi zbierała się nie tylko u Berty Fantovej, a także w salonie profesora Moritza Winternitza, wybitnego znawcy sanskrytu i staroindyjskiej literatury, który objął profesurę w Pradze po dziesięcioletnim pobycie w Oksfordzie. Einstein bywał u Winternitzów bardzo często, był przyjacielem rodziny. Grał u nich na skrzypkach i brał udział w dyskusjach okrągłego stołu na tematy filozoficzne i społeczne.

⁸ Fantova używała obu wersji swego imienia: „Hanna” oraz „Johanna”.



Einstein grający na skrzypcach

salon Berty Fantovej, przetrwała do końca. Hanna Fantova towarzyszyła Einsteinowi w jego ostatnich latach życia w Princeton jako serdeczna przyjaciółka i powierniczka. Przez wiele lat Einstein i Fantova dzwonili do siebie kilka razy w tygodniu i bardzo często jedli razem kolacje. Fantova uczestniczyła też w jego słynnym żeglowaniu. Einstein pisał dla Fantovej wiersze, a ona dbała o jego fryzurę i sama go strzygła, współtworząc rozpoznawalny teraz przez wszystkich styl *à la mad scientist*. Przez kilka ostatnich lat spisywała prowadzone w jej obecności mo-



Einstein w butach bez skarpetek w swoim gabinecie

nologi i rozmowy Einsteina. Dzięki notatce z 24 marca 1954 wiemy, że mniej więcej na rok przed swą śmiercią Einstein przestał grać na skrzypcach: *Einstein mówił mi, że już na skrzypcach nie gra, gdyż jest to zbyt intensywne a przez to wyczerpujące. Gra natomiast codziennie na pianinie; łatwiej mu wtedy improwizować.* Około 60-stronicowy rękopis Fantovej (po niemiecku) przechowywany jest w bibliotece Uniwersytetu Princeton⁹. Einstein umarł 18 kwietnia 1956 roku. Fantova, jego wieloletnia wierna kronikarka, nie była niestety wtedy przy nim. Niestety, bowiem umierając w szpitalu w Princeton, mówił Einstein o czymś spokojnie i długo nocnej pielęgniarce. Ona trzymała go za rękę i słuchała z uwagą i łagodnością dobrej Samarytanki. Ponieważ jednak on mówił po niemiecku, a ona niemieckiego nie знаła, nikt nie wie co i do kogo mówił Einstein w ostatnich minutach swego życia.

W latach 1931-1933, będąc dyrektorem Kaiser Wilhelm Institut w Berlinie, Einstein odwiedził kilka razy Oksford jako fellow w Christ Church. Dostał pięcioletni grant na 400 funtów rocznie. Była to w owym czasie znaczna suma. Brian Foster pisze w cytowanym już wyżej artykule, że „Einstein dawał wtedy koncerty muzyki kameralnej ze swym *stair boy* z Christ Church, skrzypkiem Denisem Winterem”. Określenie *stair boy* jest obecnie prawie zapomniane. Ja go wcześniej nie znałem i dopiero pisząc ten artykuł dowiedziałem się, że *stair boys* byli służącymi w college'ach (częściej nazywano ich *scouts*), dbającymi o studentów i fellows mieszkających w pokojach położonych przy jednym ciągu schodów. Denis Winter, z którym Einstein koncertował w Christ Church, był więc na pewno służącym. Nie udało mi się jednak ustalić jaki był jego towarzyski status. Niekiedy bowiem *scouts* (i *stair boys*) byli ważnymi i szanowanymi osobami w życiu college'u. Niektórzy pomagali studentom przynależnych do ich „*stair*” pisząc dla nich eseje na dowolny temat, w stylu dostosowanym do możliwości indywidualnego studenta tak, aby egzaminator nie mógł odkryć podstępów.

W roku 1933, po ogłoszeniu przez rząd kanclerza Adolfa Hitlera antysemickiej ustawy o urzędnikach państwowych, która odbierała Żydom prawo do wykładania na niemieckich

⁹ Katalog zbioru: <http://diglib.princeton.edu/ead/getEad?id=ark:/88435/xg94hp59m\\noindent>. Jak dotąd rękopis Fantovej nie został opracowany i wydrukowany. Jedna z relacji Fantovej dotyczy wizyty Heisenberga, po której Einstein nazwał go „a big Nazi” (zobacz odsyłacz (11)).



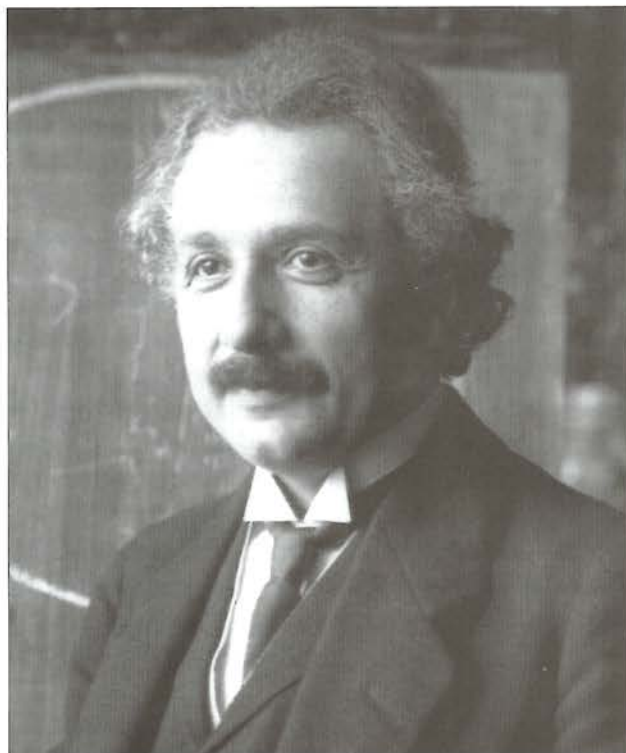
Einstein i Fantova

uniwersytetach¹⁰, Einstein opuścił Niemcy, a wkrótce Europę. Swą pensję w Christ Church przekazał na fundusz pomocy dla uczonych uciekających z III Rzeszy. Wyjechał do Ameryki i przez resztę życia pracował w *Institute for Advanced Studies* w Princeton. Dalej grał, jak miał w zwyczaju codziennie, sam a także często z innymi. Pamiętane są nie tylko jego liczne koncerty na cele dobroczynne, zwłaszcza wspierające ruch syjonistyczny, ale także prywatne muzykowanie w jego słynnym, choć skromnym domu na Mercer Street. Pracował tam nad rozszerzeniem na zjawiska mikroświata swej ogólnej teorii względności wyjaśniającej zjawisko grawitacji jako zakrzywienie geometrii czasoprzestrzeni. Już w roku 1915 ustalił jak wykorzystać do opisu grawitacji abstrakcyjne idee Bernharda Riemanna na temat dających się pomysłić geometrii. Zawarł całą, niezwykle bogatą treść teorii w jednym krótkim równaniu:

$$G_{ik} = \chi T_{ik}. \quad (1)$$

Jego zwięzłość jest imponująca, ale pełne zrozumienie nie jest proste, wymaga bowiem poznania geometrii różniczkowej, rachunku tensorowego i klasycznej dynamiki. Tych z kolei nie da się studiować bez uprzedniej znajomości kilku innych działów matematyki. Dlatego ogólna teoria względności Einsteina wykładana jest nie wcześniej niż na trzecim roku studiów fizyki teoretycznej.

Bardzo lubię ten wykład. Każdego roku mozolnie podążam z małą grupą studentów przez zawile gąszcz naprawdę trudnego formalizmu, aż w końcu wyłania się perfekcyjna konstrukcja Einsteina, którą jesteśmy urzeczeni. Nie jest ani łatwa, ani prosta. Jest natomiast piękna, co głęboko odczuwa każdy, kto ze zrozumieniem ją studiuje. Z równania Einsteina wynika cała dotychczasowa wiedza o ruchach planet, księżyców i komet w układzie słonecznym, gwiazd w galaktykach, torów rakiet i sztucznych satelitów, oraz efekty i zjawiska uprzednio nieznanne – czarne dziury, rozszerzanie się Wszechświata, fale grawitacyjne... Teoria Einsteina, wysnuta z abstrakcyjnych rozważań geometrycznych wyjaśniła i przepowiedziała imponująco wiele zjawisk w ich bardzo dokładnych szczegółach.



Einstein (fot. F. Schmutzer, 1921)

¹⁰O tej ustawie i jej katastrofalnych skutkach dla niemieckiej matematyki i fizyki, napisałem w roku 1986 duży artykuł „Hitlerowska ustawa o szkołach wyższych” dla paryskiej *Kultury* Jerzego Giedroycia (*Kultura*, vol. 465, str. 82-91; 1986).



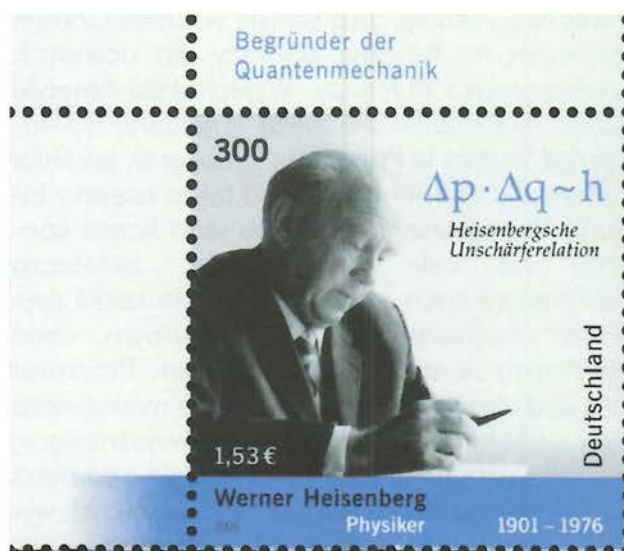
Młody Heisenberg

Bardzo dokładne pomiary potwierdzające niektóre (ale jeszcze nie wszystkie) przewidywania ogólnej teorii względności wykonano jednak dopiero w latach 1970. W latach 1930 ich brakowało. Podczas wykładu w Princeton w 1931 roku, Einstein został poinformowany o nowym eksperymencie, który jakoby podważał jego teorię. Einstein był tak bardzo przeświadczony, na gruncie teoretycznym, o prawdziwości ogólnej teorii względności, że swą niewiarę w interpretację tego eksperymentu wyraził zdaniem: *Bóg jest wyrafinowany, ale nie złośliwy, co po niemiecku brzmiało, Raffiniert ist der Herrgott, aber boshaft ist er nicht*. Princetoni matematyk Oswald Veblen poprosił Einsteina o pozwolenie wrycia tej pięknej i mądrej maksymy na kominku w saloniku budynku matematyki w Princeton, co zrobiono. Einstein później tłumaczył, że tak naprawdę chciał powiedzieć, iż *Natura skrywa swe sekrety, lecz nie oszukuje*. Kiedy w połowie lat 1980 do Princeton na Wydział Fizyki w Jadwin Hall przyjechał Michał Heller, chciał oczywiście zobaczyć słynny kominek. Ale Jadwin Hall to nowy gmach, zbudowany w latach sześćdziesiątych, trzydzieści lat po opisanych wyżej wypadkach, o których tym-

czasem zapomniano. Pracujący w Jadwin Hall fizycy nie wiedzieli, gdzie szukać kominka z einsteinowskim cytatem. Błędnie przypuszczano, że kominek jest gdzieś w domu Einsteina na Mercer Street. Heller wrócił do Polski nie zobaczywszy kominka i napisu – *Princeton skrywa swe sekrety, lecz nie oszukuje!*

3. Werner Heisenberg: nieoznaczoność

Werner Heisenberg, który podobnie jak Albert Einstein dostał Nagrodę Nobla z fizyki, był znakomitym pianistą-amatorem. Miał solidne wykształcenie, dobrą technikę, lubił grać i grał często, także z profesjonalnymi muzykami. Ukoronowaniem długiej muzycznej przygody był niezwykle prezent ofiarowany mu na jego siedemdziesiąte urodziny (zresztą o ponad rok spóźniony) od Radiowej Orkiestry Symfonicznej Bawarii (*Symphonieorchester des Bayerischen Rundfunks*). W roku 1973 Heisenberg zagrał z tymi słynnymi symfonikami *Konzert für drei Klavier In F-Dur (K. 242)* Mozarta, jako jeden z trzech pianistów, dla dużej publiczności. Heisenberg zdawał sobie oczywiście sprawę ze swych ograniczonych muzycznych możliwości¹¹. W ostatniej chwili chciał się wycofać, opóźnić koncert i kilka jeszcze dni poćwiczyć. Niepotrzebnie, koncert Heisenberga (transmitowany



Znaczek pocztowy z Heisenbergiem

¹¹Referencję do koncertu znaleźć można w „oficjalnej” bibliografii wszystkich prac Heisenberga, <http://www.aip.org/history/heisenberg/bibliography/1970-74.htm>, (pozycja 1973;bb) Ten koncert fortepianowy nie jest uważany za bardzo trudny. Mozart napisał go w roku 1776 dla Marii Antonii, Księżnej Lodron, i jej dwóch starszych córek, Antoinetty i Giuseppiny. W dodatku jedna z jego trzech partii jest łatwiejsza niż dwie pozostałe. Wiem o tym od moich kolegów Jean-Pierre’a Lasoty i Bernharda Mehliga. Mehlig jest (tak jak ja) profesorem fizyki na uniwersytecie w Göteborgu. Jako amator gra na fagocie w *Sundbergska kvartettsällskapet*, szwedzkim zespole muzyki kameralnej założonym w 1884, w którym grają również profesjonalści; jest też dobrym pianistą. Na moją prośbę sam przegrał trzy fortepianowe partie koncertu, aby potwierdzić, że jedna jest rzeczywiście łatwiejsza niż pozostałe. Domyślamy się, że Heisenberg grał tę właśnie partię.

przez radio) uznano bowiem za bardzo dobry: „jego gra była subtelna i wzruszająca”. Wiem o podobnym sukcesie wcześniejszego koncertu Heisenberga, który miał bardziej prywatny charakter. W roku 1966, na urodziny swej żony Elisabeth, Heisenberg zorganizował w ich domu niespodziankę, koncert „Haus Musik”, na którym zagrał jako solista z dość dużą orkiestrą złożoną z krewnych i przyjaciół oraz kilku zawodowych muzyków. Dyrygował siostrzeniec Heisenberga (bratanek słynnego pisarza), Frido Mann¹². Nagrania z obu koncertów dostępne są na CD.

Najbardziej znanym dokonaniem Wernera Heisenberga jest bez wątpienia odkrycie zasady nieoznaczoności. Dwudziestotrzyletni Heisenberg przyjechał do Kopenhagi w roku 1924, tuż po habilitacji, by pracować z Nielsem Bohrem. W trzy lata później odkrył zasadę nieoznaczoności. Odkrycie Heisenberga było jednym z najdonioślejszych w dziejach europejskiej kultury i cywilizacji. Odmieniło fizykę i filozofię, całe nasze rozumienie istoty rzeczywistości. Fizyka klasyczna, to znaczy niekwantowa, podaje jak wyznaczyć tor cząstki, jeśli znane jest jej początkowe położenie i prędkość. Heisenberg zrozumiał, że z zasad mechaniki kwantowej wynika, iż z fundamentalnych powodów nie da się jednocześnie dokładnie zmierzyć położenia i prędkości (dokładniej: pędu) cząstki. Nie chodzi tu o niedoskonałość naszych przyrządów pomiarowych, ale o zasadniczą nieoznaczoność samej Natury. Pomiar, jakkolwiek pomysłowy, zawsze musi być obarczony błędem, a błąd nie może być mniejszy od pewnej ściśle określonej przez mechanikę kwantową wartości. Jeśli ΔX i ΔP oznaczają błąd pomiaru „położenia X ” i „pędu P ”, to z zasady nieoznaczoności odkrytej przez Heisenberga wynika, że $\Delta X \Delta P > h$, gdzie h jest stałą Plancka. Jest to najważniejsza stała mechaniki kwantowej, określająca kwantowość, to znaczy granicę podzielności materii. Światło, na przykład, musi być emitowane w niepodzielnych porcjach zwanych fotonami. Energia E fotonu światła o częstotliwości ν równa jest $E = h\nu$. Hipotezę tę wysunął Max Planck¹³, gdy odkrył jak opisać świecenie ciał w różnych temperatu-



Spektakl „Kopenhaga” (Michael Frayn, 1933 –) grany w Centrum Kopernika, Warszawa, 2005, przez Szkołę Aktorską Machulskich: Jan Machulski – Bohr, Grzegorz Milczarczyk – Heisenberg

rach. Za to odkrycie dostał nagrodę Nobla. Einstein natomiast udowodnił istnienie fotonów analizując zjawisko fotoelektryczne. Za to właśnie, a nie za teorię względności, dostał Nobla z fizyki. Zasada nieoznaczoności stosuje się nie tylko do pary (położenie X , pęd P), ale także do innych par „zmiennych sprzężonych”, na przykład do pary (energia E , czas t),

$$\Delta E \Delta t > h. \quad (2)$$

Zasada nieoznaczoności wyklucza determinizm, gdyż oznacza, że „tor nie istnieje”: nigdy nie da się dokładnie wyliczyć po jakim torze będzie się poruszać cząstka, gdyż nigdy nie można zmierzyć dokładnie jej położenia i prędkości. Możemy mówić jedynie o prawdopodobieństwie, że cząstka znajdzie się w określonym miejscu, ale nie możemy mieć pewności, jak przy grze w kości. Jean-Pierre La-sota uściśla: „Ujmując rzecz bardziej precyzyjnie, nie istnieją tory cząstek, ale istnieją tory informacji. Informacja o stanie kwantowym przenosi się w sposób deterministyczny: zachowuje ona swoje dziewictwo, pozostając nienaruszona i niezmienna. Dopiero gdy dokonując pomiaru, ingerujemy w jej intymność, broni swego wstydu ujawniając się jedynie częściowo – probabilistycznie. Dziewictwo informacji

¹²W <http://www.omm.de/cds/etc/SU-heisenberg-mozart.html> opisany jest ten koncert. Elisabeth Heisenberg była wspaniałą żoną. W książce „Inner exile” Birkhäuser, 1984) dzielnie broni dobrej pamięci męża przed często podnoszonym zarzutem kolaboracji z nazistami (podczas wojny Heisenberg kierował niemieckimi badaniami nad bombą atomową). Sprawa jest bardzo znana także dzięki modnej sztuce Michaela Frayna „Kopenhaga”, opisującej spotkanie Heisenberga i Bohra w okupowanej przez Niemców Kopenhadze. Sztuka była grana w Warszawie przez Szkołę Aktorską Haliny i Jana Machulskich w adaptacji Staszka Bajtlika i mojej. Nielsa Bohra zagrał Jan Machulski.

¹³Max Planck był utalentowanym pianistą.



Feynman i bongo

kwantowej jest podstawą nowych metod kryptografii i kłopotem dla kwantowej teorii czarnych dziur, z której wynikałoby, że można dziewictwo stracić tylko częściowo. A to w świecie kwantowym jest zakazane.”

Einstein nigdy nie pogodził się z zasadą nieoznaczoności: *Der Herrgott würfelt nicht*, mówił, *Pan Bóg nie gra w kości*¹⁴. Dziś uważamy, że Einstein mylił się w tym względzie: ani jeden eksperyment, z ogromnej ilości dokonanych¹⁵ nie jest sprzeczny z heisenbergowską nieoznaczonością. Po osiemdziesięciu latach od jej odkrycia oswoiliśmy się z jej dziwnością, bo jest to dziwność rzeczywistego świata. Zasada nieoznaczoności jest fundamentem bohrowskiej komplementarności, a ta z kolei główna idea „Interpretacji Kopenhaskiej”, czyli całościowego wyjaśnienia zasad i głównych wyników mechaniki kwantowej.

Opiszę teraz pewien eksperyment muzyczny¹⁶ i wywiodę z niego „muzyczną zasadę nieoznaczoności” zadziwiająco podobną do zasady nieoznaczoności Heisenberga. Dudnienie słyszymy, gdy dwa instrumenty grają niedokładnie ten sam, źle zestrojony, ton. Na przykład „czysty” ton o częstotliwości ν i „fałszywy” ton o różnej częstotliwości $\nu + \Delta\nu$. Bardzo źle zestrojone tony, co odpowiada dużemu $\Delta\nu$, można wykryć po dość krótkim słuchaniu ich współbrzmienia. Gdy zestawienie jest bardzo dobre, to znaczy $\Delta\nu$ bardzo małe, słuchać trzeba dłużej, by wykryć ton fałszywy. Muzycy wiedzą z doświadczenia, że czas Δt potrzebny do wychwycenia fałszywego tonu jest tym dłuższy, im zestawienie lepsze,

$$\Delta t > 1/\Delta\nu \quad (3)$$

Po pomnożeniu stronami przez $h \Delta\nu$ daje to, $\Delta(h\nu) \Delta t > h$. Ponieważ $\Delta(h\nu) = \Delta E$, nierówność (3) implikuje taką samą formę $\Delta E \Delta t > h$, jak zasada nieoznaczoności Heisenberga wyrażona formułą (2).

4. Richard Feynman: pan raczy żartować

W *Los Angeles Times* przeczytałem sprawozdanie napisane przez znanego krytyka muzycznego Marka Sweda z koncertu Petera Serkina i The Brentano String Quartet, który odbył się 14 marca 2009 w Caltech¹⁷. W sprawozdaniu Sweda wspomniany jest nieżyjący od dwudziestu lat Richard Feynman¹⁸, laureat Nobla z fizyki i profesor Caltechu, a dokładniej wspomniana jest, i to z przekąsem, jego gra na bębnach:

¹⁴ Komentarz Bohra: Niech ktoś w końcu powie Einsteinowi, by przestał pouczać Pana Boga.

¹⁵ W artykule „Lokalna nierealność bytu” (*Świat Nauki*, VI, 2007) omawiam wynik bardzo ważnego eksperymentu, przeprowadzonego przez fizyków z Wiednia i Gdańska, i opisanego w *Nature* z 19 kwietnia 2007. Eksperyment udowodnił, że przewidywalny „świat realny” nie istnieje, przynajmniej lokalnie. Oj dana, dana, nie ma szatana, a świat lokalny jest nierealny!

¹⁶ Za <http://www.phys.unsw.edu.au/~jw/uncertainty.html>

¹⁷ „Caltech” jest powszechnie używanym skrótem nazwy *California Institute of Technology*, co znaczy Kalifornijski Instytut Technologii. Ma swój campus w Pasadenie, na przedmieściach Los Angeles. We wszystkich rankingach na najlepsze światowe uczelnie, Caltech plasuje się zawsze na samym szczycie listy. W rankingu *U.S. News & World Report* jest po prostu uczelnią najlepszą. Wspomniany ranking tak ustala kolejność najlepszych uniwersytetów: Caltech, Harvard, Princeton, MIT, Stanford.

¹⁸ Richard Feynman dostał w 1965 roku Nagrodę Nobla (wspólnie z Sin-Itiro Tomonaga i Julianem Schwingerem) za sformułowanie elektrodynamiki kwantowej. Był bardzo wszechstronny, dokonał fundamentalnych odkryć w niemal każdej dziedzinie fizyki. Wprowadził znane dziś powszechnie, genialne w swej prostocie i skuteczności diagramy, noszące jego imię. Był także fenomenalnym wykładowcą i popularyzatorem fizyki, uwielbianym przez pokolenia studentów. Podczas wojny, jako młodzieniec tuż po dyplomie, znacząco wpłynął na sukces słynnego Manhattan Project w Los Alamos, gdzie skonstruowano zdetonowaną w Alamogoro w stanie Nowy Meksyk pierwszą bombę atomową, oraz przygotowano bomby zrzucone na Hirosimę i Nagasaki. Udział w tym projekcie, Nobel za pracę, która odmieniła fizykę, oraz barwne i bujne prywatne życie Feynmana – jego żony, kochanki, przygody w barach, nocnych klubach i domach publicznych, profesjonalne osiągnięcia w grze na bębnach bongo i malowaniu kobiecych aktów, jego anegdoty i psikusy, od dawna fascynowały publiczność. Były tematem książek, w tym także bestsellerów powstałych przy współudziale samego Feynmana, wielu artykułów, wywiadów, audycji radiowych i telewizyjnych, trafiły do filmu. Mit Feynmana jest już samoistnym fenomenem w kulturze. [Zacytowałem tu fragment napisanej przeze mnie dla *Świata Nauki* (XII, 1999) recenzji ze znanej dobrze książki „Geniusz” Jamesa Gleicka (Zysk i S-ka, Poznań, 1999) o Richardzie Feynmanie.

„Audytorium Beckmana, w którym koncerty się odbywają nie spełnia być może wymogu intymności (...) Choć akustyka audytorium jest zapewne zbyt uboga dla muzyki kameralnej, entuzjastyczny głos wielkiego fizyka Richarda Feynmana wypełniał je znakomicie, jak zresztą niestety i jego muzykowanie na bębnach.”

Podkreśliłem słowo *niestety* (*unfortunately*) użyte przez krytyka, gdyż chcę się nad nim zastanowić. Dlaczego niestety? Cóż w tym złego, że Feynman kilka razy grał na bębnach rytmu południowo amerykańskiego w Audytorium Beckmana? Fachowcy twierdzą, że grał bardzo dobrze, zarówno pod względem świetnie opanowanej techniki jak i bogatego repertuaru. Był mistrzem, a doświadczenie zdobył u samego źródła, w małej szkole samby „*Farçantes de Copacabana*” w Rio



Feynman grający na bongo

de Janeiro. Jej członkowie pochodzili z biednych dzielnic Rio. Feynman ukrywał swój społeczny status i na próby szkoły przychodził biednie ubrany, by niczym się nie wyróżniać. Grał w *bateria* na perkusyjnym instrumencie zwanym *frigideira*. Z wyglądu przypomina on patelnię. Uderza się w nią stalową pałeczką, co wywołuje wibrujący dźwięk, donioślejszy niż dźwięki innych instrumentów w *bateria*. Szkoła Feynmana była zbyt mała by mieć szansę na zdobycie nagrody w oficjalnym wielkim karnawałowym konkursie i nie miała takich ambicji. Najwięcej radości dawało jej członkom wspólne przebywanie i granie na plaży. Wtedy właśnie Feynman nauczył się po mistrzowsku grać na swym ulubionym instrumencie, bębnach bongo. Grał na nich nie tylko na Copacabana i u siebie w Caltechu. Grał wszędzie, także w Warszawie, którą odwiedził w roku 1962 by wziąć udział w słynnej konferencji¹⁹ zorganizowanej przez Leopolda Infelda na temat osiągnięć teorii grawitacji Einsteina. Marek Demiański, fizyk z Warszawy, opowiada²⁰ o wizycie Feynmana w Hybrydach, gdzie amerykański Noblista błyskotliwie improwizował na bębnach i z powodzeniem uczył zachwyconych tym studentów tańczyć sambę. Tańczył świetnie.

Był fantastycznym, wzorowym, profesorem, uwielbianym przez studentów. Fizyki uczył jak nikt inny na świecie. Wyjątkowość jego pedagogiki brała się przede wszystkim z tego, że głęboko rozumiał fizykę. Całą fizykę, zarówno jej matematyczny szkielet w jego najbardziej technicznie złożonych szczegółach, jak i niezliczone fakty obserwacyjne. Dydaktykę Feynmana charakteryzowały prostota wyjaśnień, dochodzenie do sedna sprawy z pominięciem nieistotnych komplikacji i praktyczna konkretność. Ja sam nauczyłem się rozumieć niektóre zjawiska fizyczne, czytając *Feynmana wykłady z fizyki*, stanowiące jego wizję całości wiedzy fizycznej, wszystkiego, co było wtedy wiadomo. *Gdy się urodziłem napisał Feynman, nic nie wiedziałem i miałem mało czasu, żeby się czegoś dowiedzieć. Umiał*

¹⁹Gomułkowska Warszawa i sama konferencja zrobiły na Feynmanie przynębiające wrażenie, które opisał w długim liście do swej trzeciej żony Gweneth, napisanym podczas kolacji w warszawskim Grand Hotelu. List zakończył często cytowanym zdaniem: *Remind me not to come to any more gravity conferences, co znaczy przypomnij mi, bym nie jeździł więcej na konferencje o grawitacji.*

²⁰W internetowej witrynie *Latarnik* (15/1999, www.latarnik.pl) Demiański pisał: „O Feynmanie wiedziałem wówczas tylko, że jest znakomitym fizykiem. Mniej więcej w połowie konferencji przysiadł się do mnie w autobusie i zapytał, czy w Warszawie jest jakiś klub studencki i czy mógłbym go tam zabrać. W owych czasach najpopularniejszym klubem studenckim były Hybrydy. Kiedy okazało się, że Feynman jest Amerykaninem, nie było żadnych problemów z dostaniem się do środka; zabawa trwała tam już na dobre. Feynman początkowo zwiedzał pomieszczenia i przyglądał się paniąkom. W czasie krótkiej przerwy, kiedy orkiestra przestała grać, podszedł do zespołu i zaczął z nimi rozmawiać, ale szybko mnie przywołał, abym był tłumaczem. Zaproponował, że zastąpi perkusistę i nauczy ich grać sambę. Postawił wszystkim piwo i to ostatecznie przełamało początkowe opory. Feynman okazał się profesjonalnym perkusistą i bez problemów radził sobie z pełnym zestawem bębnów. Gdy zespół zaczął grać sambę, tłum na parkiecie nie bardzo wiedział jak ma się poruszać w tym mało znanym rytmie. Feynman patrzył na nich z politowaniem i kiedy był już pewien, że zespół poradzi sobie bez niego, przeniósł się na parkiet i poprowadził krótki kurs samby, wyłapując do tańca co ładniejsze dziewczyny. Gdy zaczynało już świtać, Feynman przypomniał sobie, że za kilka godzin ma na konferencji wygłosić wykład i szybko trzeba go było odprowadzić do hotelu.” Demiański przypuszcza, że Feynman napisał list do Gweneth przed wieczorem w Hybrydach (list nie ma daty).

potem wszystko, czego można było się dowiedzieć. James Gleick w swej pięknej książce poświęconej Feynmanowi przytacza znaną każdemu fizykowi historię powstania tych legendarnych wykładów na fizyce w Caltechu, a ja z pewnym wzruszeniem przypominam sobie, jak fascynującą i żywo dyskutowaną lekturą były one dla mnie i moich kolegów, gdyśmy studiowali fizykę na Uniwersytecie Wrocławskim. Każdy fizyk mego pokolenia jest w jakimś stopniu uczniem Feynmana.

Freeman Dyson, nie tylko wielki fizyk ale i znany humanista, autor kilku ważnych książek i częstych recenzji literackich w czytany przez elity *The New Yorker* oraz *The New York Review of Books*, powiedział przed laty, że „Feynman jest w połowie geniuszem, w połowie bufonem”. Ostatnio zmienił zdanie: „Feynman był całkowicie geniuszem i całkowicie bufonem”. Bufonada Feynmana bardzo niektórym irytowała. Czasem nietrudno zrozumieć, dlaczego. Jako profesor fizyki teoretycznej w Caltechu, już po otrzymaniu nagrody Nobla, miał Feynman swoje „drugie biuro” w Pasadenie w małym barze *topless*, ze *striptease*-m. Siedział tam godzinami nad równaniami, rozwiązując problemy fizyki. Znał dobrze innych stałych gości, kelnerki, *striptizerki*. Urząd burmistrza Pasadeny postanowił zamknąć bar, co zakończyło się procesem sądowym. Feynman wystąpił jako świadek, argumentując, że bar jest potrzebny, bo integruje społeczność dzielnicy, a jego stałymi klientami są „okoliczni rzemieślnicy, fachowcy, technicy, robotnicy i profesor fizyki teoretycznej”. Taki był Feynman. Heisenberg mógł w wytwornym fraku grać na fortepianie Mozarta z *Symphonie-orchester des Bayerischen Rundfunks* w towarzystwie Frido Manna, a on w luźnej koszuli bez rękawów grał w *topless* barze na bębnach bongo *salsę* dla znajomej *striptizerki*²¹.

Myślę, że bufonada „wielkiego fizyka” tak bardzo szokowała kulturalne towarzystwo Los Angeles, że nawet w dwadzieścia lat po śmierci Feynmana, jego muzykowanie na bębnach ciągle straszy muzycznych krytyków.

5. Kazimierz Kord: tęsknota muzyki za fizyką

„Całe życie zajmowałem się tylko muzyką, a przecież są sprawy o wiele ważniejsze, ciekawsze, bardziej tajemnicze! 95% masy Wszechświata stanowi ciemna materia i ciemna energia. Natury ciemnej energii nie tłumaczą dzisiejsze teorie fizyczne. Odległe galaktyki oddalają się od nas, a cały Wszechświat rozszerza. Tylko w naszej Galaktyce jest około stu miliardów gwiazd, co oznacza, że życie jest zapewne powszechne w Kosmosie. To są ważne i poważne sprawy i tym trzeba się zajmować!” Tak mniej więcej mówił Kazimierz Kord w niedawnym wywiadzie radiowym potwierdzając fakt, że rodziny muzyczne inspirują i wychowują doskonałych fizyków. Wspomniałem już, że ojciec Galileusza był znakomitym muzykologiem. George Dyson, ojciec Freemana Dysona jednego z najwybitniejszych fizyków XX wieku, był kompozytorem i dyrygentem oraz rektorem *The Royal College of Music* w Londynie²². W domu Dysonów często odbywały się koncerty. Jeden z gości, powiedział kilkuletniemu Freemanowi „Chłopcze, jesteś w życiu bardzo uprzywilejowany, bo od najmłodszych lat słyszysz wiele dobrej muzyki.” Mały Dyson zamyślił się nad tym i odparł „Muzyka da się lubić. Tyle, że jest za długa”.

8 października 2002 roku byłem z synem Tomaszem na *triesteńskiej* premierze opery „*Big Bang Circus. Piccola storia dell'universo*”, zaproszony przez jej weneckiego kompozytora Claudio Ambrosiniego²³. Ambrosini i ja mieliśmy przez wiele lat wspólnego przyjaciela, słynnego brytyjskiego fizyka i kosmologa, Dennisa Sciamę²⁴. Początkowo pracowałem z Dennisem trzy lata w Oksfordzie, potem obaj przenieśliśmy się do Triestu²⁵. Sciamą ożeniony był z wenejką z zasiedziałej od pokoleń w Wenecji bogatej żydowskiej rodziny. Mieszkali w zabytkowym domu przy *Canale Grande* niedaleko Akademii i znacząco uczestniczyli w towarzyskim i kulturalnym życiu miasta. Dlatego Sciamą i maestro Ambrosini dobrze się znali. Sciamą zmarł w roku 1999, trzy lata przed

²¹ Pytałem kilku fizyków, którzy dobrze znali Feynmana, czy wiedzą o jego grze na innych niż bębny instrumentach. Wszyscy wykluczyli skrzypce, niektórzy wymienili okarynę, nikt nie był pewien fortepianu. W artykule „*Stiff-string theory: Richard Feynman on piano tuning*” z *Physics Today* z grudnia 2009, jego autor John C. Bryner przytacza list Feynmana do Howarda McQuigga, zawodowego strojiciela fortepianów. McQuigg stroił także fortepian należący do Feynmana. Z listu wynika niezbicie, że Feynman musiał dobrze grać na fortepianie. List przedstawia idee Feynmana na temat właściwego strojenia fortepianów i kończy się zdaniem: *Podjezwam, że (...) to wy właśnie, strojiciele fortepianów, dokumentnie rozstrajacie fortepiany odkąd tylko się one pojawiły.*

²² Historię swego muzycznego dzieciństwa opisał sam Freeman Dyson w swej znanej i ciekawej książce autobiograficznej *Disturbing the Universe*, Basic Books, New York, 1979.

²³ Na stronie <http://www.scanner.it/live/bigbangcircus1727.php> opis jej wcześniejszej prezentacji na weneckim biennale we wrześniu 2002.

²⁴ Sciamą stworzył legendarną szkołę fizyki teoretycznej: Stephen Hawking, Martin Rees, Brandon Carter, David Deutsch i kilku innych światowej sławy fizyków, to jego uczniowie.

²⁵ Jan Morris, *Trieste and the Meaning of Nowhere* New York, Simon & Schuster, 2001. Trieste to moje ukochane miasto, długo w nim mieszkałem.

premierą opery. Ambrosini opowiadał mi, iż napisał swą operę urzeczony tym, co Sciama mówił mu prywatnie o kosmologii, fizyce i historii nauki. Bardzo zgrabnie pomieścił wiele usłyszanych od Sciamy czysto naukowych informacji w swej operze. Nie było to wcale ani sztuczne, ani nużące. Może dlatego, że Sciama potrafił mówić o fizyce porwajaco, z pasją płynącą z głębokiego zrozumienia i miłości. Wykłady i monologi Sciamy zawsze magnetyzowały słuchaczy, niezależnie od ich wiedzy. Zgodnie z librettem opery, narrator objaśniał ze sceny podstawy kosmologii *Wielkiego Wybuchu* i historię rozwoju wiedzy o kosmosie. Grający narratora Marco Zannoni mówił tak jak Sciama, z tą samą pasją, świetnie aktorsko udaną. Prawdziwie porwająca była scena, w której Zannoni opowiadał, jak Galileusz po raz pierwszy skierował teleskop na niebo i otworzył ludziom oczy na cudowne zjawiska, które przed nim nie były ani znane, ani nawet przeczuwane. Przypadek sprawił, że tego właśnie szczególnego dnia, 8 października 2002 roku, ledwie kilka godzin wcześniej, Szwedzka Akademia ogłosiła nagrody Nobla z fizyki za rok 2002. Jednym z trzech laureatów został Włoch, Riccardo Giacconi²⁶ za swe epokowe odkrycie cudowności nieba w promieniach Roentgena. On pierwszy skierował w niebo rentgenowski teleskop.

Opera Ambrosiniego wpisuje się w długą listę dzieł muzycznych bezpośrednio inspirowanych fizyką. Na liście trzeba zapewne umieścić kompozycje Williama Herschela, dziś niezbyt często grane. Herschel był nie tylko ważną postacią w angielskiej muzyce przełomu XVIII i XIX wieku, ale także astronomem. Odkrył nową planetę, Urana. Kiedy był już Astronomem Królewskim, jego opery wykonywała *Kapela Królewska* króla Jerzego. Na liście znalazłaby się na pewno suita Gustava Horsta „Planety”. Adam Spodenkiewicz opowiadał mi, że gdy jego wrocławska filharmonia grała gościnnie w Narodowej (dyrygował jego brat, Marek Pijarowski) i kończyła siódmą (ostatnią) część tej suity poświęconą Neptunowi, organy w finale zacięły się na jakieś nucie z akordu E-dur (e, gis lub h) i grały jeszcze „na brawach”, jakby domagając się Plutona, planety przez Holsta pominiętej, a ostatnio

nawet usuniętej z grona planet. Pluton został odkryty w roku 1930, czyli 12 lat po prawykonaniu „Planety”. Ziemia nie jest planetą w astrologii. Holst był wyznawcą tej błędnej doktryny, stawiał nawet horoskopy. Dlatego w jego suicie Ziemia nie ma swej części.

Kończąc uwagę bardzo osobistą o fizyce, fizykach i muzyce. Choć wielu fizyków, jak ja, nie gra na żadnym instrumencie, wszyscy bez wyjątku interesują się muzyką w jakimś stopniu. Nie znam fizyka, który nigdy by nie trafił do filharmonii. Na koncerty chodzimy wszyscy, tyle że niektórzy rzadko a inni regularnie²⁷. Szczerze podziwiam moich bardziej utalentowanych kolegów, których związki z muzyką są nieporównanie silniejsze i bardziej znaczące niż moje²⁸. Wierzę, że prawdziwy talent do fizyki i talent muzyczny zawsze idą w parze. Fizyka da się lubić. Tyle, że jest za trudna.

Podziękowanie

Dziękuję wszystkim, którzy pomogli mi w pisaniu tego artykułu. Najwięcej pomógł Jean-Pierre Lasota, wybitny astrofizyk i podziwiany przez wielu subtelny znawca muzyki klasycznej. Moja doktorantka Odele Straub i asystentka Julia Becker sprawdziły niektóre informacje w niemieckich archiwach. Sam nie czytam po niemiecku, była więc to pomoc nieoceniona. Lingwista Maciej Lipowski objaśnił mi subtelności w znaczeniu maksym Einsteina. Fizycy Bernhard Mehlig, Ed Spiegel, Marek Demiański i Staszek Bajtlik poinformowali mnie o istotnych faktach, których nie znałem. Oksfordczycy John Miller, Brian Foster i Agnieszka Kołakowska pomogli w uściśleniu informacji dotyczących Oksfordu. Redaktorzy Piotr Cieśliński i Jacek Krawczyk pomogli w ułożeniu odnośników bibliograficznych. Wiolonczelista Adam Spodenkiewicz był moim konsultantem muzycznym; z nikim natomiast nie konsultowałem moich stwierdzeń na temat fizyki. Moja żona Henryka Kozicka przeczytała kilka kolejnych „ostatecznych” wersji manuskryptu i poprawiła szereg pomyłek, zapewne jednak nie wszystkie. Za błędy, które pozostały, ja tylko odpowiadam.

²⁶ Giacconi emigrował z Włoch, podobnie jak wcześniej dwaj inni fizycy Nobliści, Enrico Fermi i Carlo Rubbia. Opublikowany nazajutrz po sztokholmskim werdykcie artykuł „Un italiano ‘emigrato’ è nobel per la Fisica” (*Corriere della sera*, 9.X.2002) tłumaczył to gorzko: „Giacconi, po uzyskaniu obywatelstwa USA nie myślał o powrocie do Włoch uważając, że w naszym kraju nie ma warunków do prowadzenia badań naukowych na odpowiednim poziomie”.

²⁷ Niedawno zmarły fizyk z pokolenia moich mistrzów, Jerzy Plebański, takie ułożył ABC człowieka kulturalnego: (A) Mówi po francusku, (B) Regularnie chodzi do filharmonii, (C) Dobrze zna rachunek spinorowy. Złośliwość tej definicji polega na tym, że większość fizyków nie zna rachunku spinorowego.

²⁸ Jean-Pierre Lasota wymienia bardzo dobrych fizyków, którzy dają koncerty muzyki klasycznej – Thibault Damour, Luc Blanchet (organy), James Lequex (skrzypce), i jazzowej – Ray d'Inverno (piano, <http://www.myspace.com/rayd39inverno>), Marek Sikora (miał własny zespół) i Michał Chodorowski. Dodaje, że Pierre Encrenaz jest utalentowanym lutnikiem, robi wiolonczele.

Matematyka, fizyka i filozofia

Robert Janusz SJ

Wyższa Szkoła Filozoficzno-Pedagogiczna "Ignatianum" w Krakowie
Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych, Kraków

Streszczenie: W artykule jest omówiona rola matematyki w fizyce z filozoficznego punktu widzenia. Naukowa praktyka fizyków często wyznacza matematyce jednowymiarową rolę narzędzia: czy to przy opracowaniu danych empirycznych, czy też w poszukiwaniu rozwiązań równań matematycznych. Z metodologicznego punktu widzenia rola matematyki w fizyce jest o wiele głębsza; matematyka stanowi hierarchiczny system, bez którego w ogóle niemożliwa byłaby fizyka współczesna. W końcu fizyka otwarta jest na możliwość dobra filozoficznego.

Mathematics, physics and philosophy

Abstract: In the article the role of mathematics in physics is considered from a philosophical point of view. The scientific practice of physicists often designates mathematics to play one-dimensional role of a tool: either for empirical data processing or for solving theoretical problems. But from a methodological point of view the role of mathematics in physics is much deeper; mathematics constitutes a hierarchical system without which the modern physics in general would be impossible. To conclude, physics is open to the possibility of philosophical good.

1. Matematyzacja empirii

Filozoficzny obraz świata rodzi się z rozważań ontologicznych, ze stwierdzenia i uzasadnienia tego, co istnieje. Od zarania ludzkości problem istnienia czegoś wcale nie był prosty do rozwiązania. Przykładem jest pytanie o istnienie Słońca: Czy Słońce, które dziś rozpoczyna dzień, pojawiając się nad horyzontem, jest tym samym Słońcem, które zaszło wczoraj za horyzont, czy jest też Słońcem nowym? Skoro dzień jest związany ze Słońcem, a wczorajszy dzień już minął (a nowy dzień nie jest kontynuacją poprzedniego), to całkiem możliwe, że i Słońce nowego dnia jest nowe, nie wczorajsze. Empirycznie rzecz biorąc, w śledzeniu Słońca na nieboskłonnie (poza niektórymi miejscami na Ziemi w określonym czasie) traci się ciągłość – Słońce kryje się pod horyzont i jego obserwacja staje się niemożliwa. Problem tożsamości wschodzącego Słońca należał do pierwotnych zagadnień,

z których rozwinęła się filozofia i nauka. Nie był to (na życzliwych człowiekowi szerokościach geograficznych) jednak problem czysto empiryczny. Ktoś, kto u zarania wiedzy postawił hipotezę o tożsamości wschodzącego Słońca ze Słońcem, które zaszło poprzedniego dnia, wykazał dużo większą świadomość filozoficzną niż fundamentalni empirycy, których w fizyce po dziś dzień jest wielu.

Matematyka poszła innym torem rozwoju niż empiria. Euklides miał przecucie systemu aksjomatycznego: można wyjść od niewielu pierwotnych twierdzeń, które dla każdego są oczywiste i z których, dzięki prostym regułom dowodzenia, można wyprowadzać inne twierdzenia koniecznie prawdziwe, jeżeli aksjomaty za takie się uznaje. W matematyce udowodnione twierdzenia liczebnie przeważają nad nielicznymi aksjomatami, które przyjmuje się bez dowodu, zatem większość zdań matematycz-

nych rozpoczyna się od słowa "jeżeli". Strategia dowodzenia w matematyce sugerowała niektórym logicystycznie nastawionym uczonym, że królowa nauk jest wtórnym produktem ludzkiej logiki. Spodziewano się także, iż matematyka uzasadni samą siebie, obchodząc się bez aksjomatów (cechy takie wykazuje np. zamknięty układ twierdzeń, gdzie wszystko wynika, jedno z drugiego, na zasadzie koła). Tego typu fundamentalizm logiczny daje o sobie znać nie tylko w odniesieniu do matematyki.

Pomiędzy empiryzmem a logicyzmem rozprzestrzenia się bardziej stabilna sfera różnego rodzaju praktycznych "technik", innego typu ograniczenia myśli ludzkiej. Wielu fizyków, o czym można się przekonać na konferencjach naukowych, ma do nauki typowo "inżynierskie" podejście: obserwuje się jakieś zjawisko, nanosi punkty na wykres, a następnie "uciągła" wykres przez interpolację odpowiednio gładkimi fragmentami krzywych. Dzięki tak powstałym rysunkom czy tabelom można tworzyć nowe materiały, budowle i szukać optymalnych wartości odpowiednich wielkości w konstrukcji technicznie możliwego świata. Podobnie można, przyjmując za "zgadnięte", z "szewską pasją" rozwiązywać fundamentalne równania fizyki, obywając się w ogóle bez żadnego doświadczenia. Także dzięki symbolicznie rachującym komputerom, poprzez techniki rachunkowe konstruuje się – jak na jakiejś wielkiej budowie – tzw. nowoczesny obraz świata.

Tymczasem historia odkryć w fizyce ma wyraźnie dwuczłonową formę, stanowiącą otwarty system hipotetyczno-dedukcyjny. W odniesieniu do fizyki polega on, w uproszczeniu, na postawieniu najpierw hipotezy empirycznej, a następnie skonstruowaniu teorii matematycznej. Wdzięcznym przykładem tej strategii metodologicznej jest dochodzenie do odkrycia prawa powszechnego ciążenia.

Przez stulecia zagadnienie układu odniesienia nie stanowiło żadnego problemu. Było oczywistym dla ludzi żyjących na Ziemi, że tylko ich układ jest jedynie "prawdziwy", a wszystkie inne hipotezy są czysto myślowymi spekulacjami. Tycho de Brahe, dysponujący najdokładniejszymi wówczas obserwacjami astronomicznymi, był zdecydowanym empirystą – nie chciał zaakceptować poglądów Kopernika, gdyż wydawały mu się absurdalne. Jego uczeń, Jan Kepler, patrzył na tablice położień

planet z należytą swobodą, nie ograniczoną narzuconymi przez epokę schematami. Pozwoliło mu to na dostrzeżenie w liczbach harmonii zakrytej przed czysto empirycznym okiem. Odpowiednio przeliczone współrzędne pasowały nie do okręgu, ale do elipsy. Nie była to jednak "cała" elipsa, gdyż obserwacja nie pozwalała na "uciąglenie" położenia planet, których koordynaty były znane jedynie fragmentarycznie. Jednak dane było wystarczająco wiele punktów, dzięki którym Kepler mógł postawić hipotezę, że ruch planety odbywa się ciągle po elipsie – hipotezę wyciągniętą jako wniosek ze skończonej liczby pomiarów, dotyczącą rzeczywistego kształtu dowolnej orbity planetarnej.

Kepler nie był tu zwykłym inżynierem astronomicznym, który połączyłby punkty trajektorii Marsa łukami, np. parabolami i który nie zastanawiałby się nad ogólniejszym prawem, które rządzi brakującymi punktami. Astronom wykazał tu pewną filozoficzną intuicję szukającą głębszej spójności w opisie empirii. Doprowadziła go ona do odkrycia klasy rzeczywistych ruchów planet w oparciu o szczątkowe dane empiryczne. Pierwsze prawo Keplera, mówiące o tym, że planety poruszają się po elipsie, w której ognisku znajduje się Słońce, dotyczyło całego toru rzeczywistego ruchu odbywającego się z dokładnością matematyczną. Strategia ta wydaje się oczywista jedynie z filozoficznego punktu widzenia. Żaden automat dokonujący pomiaru położenia nie wyabstrahuje sam z siebie wyższego hierarchicznie odniesienia, jakie ma miejsce przy powiązaniu przeliczalnego podzbioru punktów "na elipsie" z nieskończonym zbiorem punktów samej elipsy. Warto jeszcze raz podkreślić, że przewidywanie Keplera (hipoteza empiryczna) dotyczy całości – przepisu matematycznego na możliwy do stwierdzenia empirycznie ruch w dowolnej jego fazie.

Metoda Keplera sprawdza się po dzień dzisiejszy w fizyce doświadczalnej. Można ją nazwać "matematyzacją" wyników empirycznych. Chodzi z grubsza o to, by w gęszczu liczb i danych doświadczalnych odkryć wzorzec, według którego liczby układają się, np. na wykresach, w sposób regularny. Braki w ludzkiej wiedzy empirycznej uzupełniane są regularnością matematyczną. Praktyka stosowana przez fizyków przypominałaby tu (gdyby nie fizyka teoretyczna) znaną z historii praktykę fizyko-teologów, którzy luki w opisie świata tłumaczyli

bezpośrednią ingerencją nadprzyrodzoną. Czasami niektórzy fizycy, nie dostrzegając problemu filozoficznego w swojej pracy naukowej, dokonują tutaj przeskoku metodologicznego, czyniąc z fizyki pseudo-religię "dowodzącą" nieistnienia transcendencji. Kepler daleki był od tego typu interpretacji, dokonał przy tym jednak innego, "zabronionego logicznie" kroku: zrezygnował z okręgu, z ustalonego a priori założenia, że ruchy sfer niebieskich muszą być opisane przez idealną, a nie zniekształconą formę.

Wnioskiem z dotychczasowych rozważań nad metodą fizyki jest także to, że empiria traktuje matematykę jako narzędzie do regularnego opisu niepełnych danych doświadczalnych, zdolne do interpolowania wyników hipotetycznych eksperymentów, nigdy nie przeprowadzonych. Matematyzacja tych wyników może określać prawo rzeczywistych zdarzeń tak, jak eliptyczna orbita planety pozwala określić całą klasę możliwych obserwacji ciała niebieskiego. Odbywa się to jednak na zasadzie hipotezy, czyniącej z indukcji niezupełnej swoiste zdanie ontologiczne, jest więc wyrazem głęboko ukrytej filozofii wykraczającej poza ścisły empiryzm.

2. Matematyzacja hipotez

Po Keplerze astronomia odziedziczyła trzy prawa pozwalające opisać wystarczająco dokładnie zachowanie się planet w Układzie Słonecznym. Realnym danym, pochodzącym wprost z obserwacji, odpowiadały zmatematyzowane elipsy, będące ich "uciągleniem". Powstała w ten sposób nowa warstwa "danych wyższego rzędu", bardziej zmatematyzowanych. Patrząc z punktu widzenia tworzącej się w ten sposób struktury, można by uznać warstwę przednaukową (obserwacje gołym okiem i tworzone w potoczny sposób "hipotezy") jako wyjściowy poziom filozoficzny, warunkujący liczbowe ujęcie matematyczne, stanowiący swoiste jakościowe rozumowanie bez liczb. Skupiając się na warstwie hipotez empirycznych, czyli uogólnienia zmatematyzowanych pomiarów, można zacząć poszukiwać i tu wyższych regularności, grupując i klasyfikując już nie pojedyncze wyniki empiryczne, ale całe ich klasy, czego przykładem są tutaj elipsy. Jednakże właśnie w tym miejscu taka strategia "matematyzacji" się załamuje się. Izaak Newton w swoich *Principiach* (pozostaje pytanie: na ile świadomie?) odkrył inną rolę matematyki w fizyce, nie prze-

kreślając bynajmniej jej empirycznego korzenia. Newton postawił hipotezę teoretyczną, wyższego rzędu niż Keplerowska hipoteza empiryczna. W ten sposób narodziło się nowe rozumienie teorii jako hipotezy wyższego rzędu. Tak jak jedna krzywa łączy wiele – zdawałoby się, niemających ze sobą związku – liczb (wyników pomiarów), tak tutaj równanie łączy wiele – wydawałoby się, mających niewiele ze sobą wspólnego – krzywych. Dodatkowo teoria (hipoteza hipotez) powinna przewidywać nowe hipotezy empiryczne, które mogą zostać zweryfikowane przez nieprzeprowadzone dotąd pomiary. I rzeczywiście, teoria Newtona przewidywała ruchy paraboliczne i hiperboliczne, nie mówiąc już o innych stożkowych, potwierdzone następnie przez punktowe dane empiryczne. Postulat, że wynika to z siły proporcjonalnej do odwrotności kwadratu odległości, nie pochodzi z empirii (formalnie zamiast 2 mogłoby być np. 1.999 lub 2.001), ale z piękna i matematycznej spójności na innej niż empiryczna płaszczyźnie.

Cena, jaką przyszło za to zapłacić, była znaczna. Teoria przestała być wiedzą pewną *a priori*, a stała się jedynie wiedzą bardziej prawdopodobną, niż każda z hipotez empirycznych. Dlatego dzisiejsze stwierdzenia, że nauka coś bezsprzecznie udowodniła zawierają błąd metodologiczny, właściwy uczniom Arystotelesa z okresu Galileusza. Oni jednakże byli przekonani, że nauka odkrywa ostatecznie rzeczywistość. Galileusz, Newton i Einstein pokazali, że ją jedynie zgłębia i zawsze trzeba być gotowym na gruntowne przemeblowanie naukowego obrazu świata, gdyż nie jest to obraz absolutny.

3. Czy jest coś poza hipotezami hipotez?

Podobnie jak można pytać o piętro "zerowe" w matematyzowaniu przyrody, podobnie można zapytać o piętro "trzecie" po strategii fizyki matematycznej. W podejściu ekstrapolującym poznanie naukowe narzuca się kolejna warstwa – podobnie jak "zerowa" – filozoficzna, w której teorie matematyczne opisać można pięknem, jednością, prawdziwością itp. W tym kontekście powstaje też dramatyczne pytanie o wykorzystanie nauki do złych celów, co skądinąd ujawnia niewystarczalność nauki jako takiej. Nauka może bowiem zniszczyć człowieka, który ją tworzy, a wraz z nim znika także nauka. Tego złowrogiego zapętlenia nie można wytłumaczyć naukowo. Świadczy to o tym, że tzw.

nauki szczegółowe nie są samodzielne, gdyż zagraża im zło, nie tylko w tworzeniu wiedzy naukowej, ale i jej wykorzystaniu.

Zatem każda teoria naukowa bez dobra filozoficznego jest jak śledzenie codziennie innego "Słońca". Tymczasem zgodnie z elipsą nad odseparowanymi punktami wschodzi to samo "eliptyczne Słońce" empirii; dzięki sile (odwrotnej do kwadratu odległości) nad odseparowanymi krzywymi stożkowymi wschodzi to samo racjonalne "Słońce teorii"; dzięki filozofii – nad odse-

parowanymi naukami wschodzi to samo "etyczne Słońce" dobra. Realizm dobra filozoficznego czyni z różnych nauk na każdym ich poziomie to, co uczynił filozof, gdy zobaczył, że Słońce jest jedno i dla wszystkich. Bez dobra teorii naukowemu grozi rozbicie na fragmentaryzm, a pomiarom naukowym – zhermetyzowanie zdarzeń w fakty bez sensu. Każdy uczonej, uprawiając swoją dyscyplinę etycznie odpowiedzialnie, dobrze na każdym poziomie, jest prawdziwym filozofem, przyjacielem mądrości.

Fotostrykcja; jak światło może napędzać mikromechanizmy

Tadeusz Figielski

Instytut Fizyki PAN, Warszawa

Streszczenie: Pięćdziesiąt lat temu zostało odkryte przez autora zjawisko fotostrykcji w germanie. Artykuł przypomina to wydarzenie i omawia współczesną wersję tego zjawiska występującą w pewnych materiałach ferroelektrycznych. Dopiero teraz, w okresie gwałtownego rozwoju nanotechnologii, zjawisko to zyskuje praktyczne znaczenie, ponieważ stwarza możliwość zastosowania go do napędu urządzeń mikromechanicznych.

Photostriction; how light can drive micromachines

Abstract: Fifty years ago the photostriction effect in germanium has been discovered by the present author. This article recalls that event and describes contemporary version of the effect appearing in some ferroelectric materials. Just now, in the period of rapid development of the nanotechnology, the effect has become of practical importance as it can be used to drive the micromechanical machines.

Z niemałym zaskoczeniem zauważyłem pojawiające się w literaturze dość liczne cytowania mojej pracy [1] wykonanej przed pięćdziesięciu laty! Praca dotyczyła nowego zjawiska, które nazwałem wówczas fotostrykcją. Dzisiaj w Internecie pod hasłem fotostrykcja można znaleźć dziesiątki wpisów dotyczących różnych odmian tego zjawiska, wzbudzającego rosnące zainteresowanie inżynierów i fizyków wywołane perspektywą jego praktycznego zastosowania w mikro- i nanotechnologii.

Pomysł mój zrodził się w trakcie wykonywania pracy doktorskiej, kiedy do generacji nadmiarowych par nośników ładunku – elektronów i dziur – w półprzewodnikowym germanie (była to jeszcze epoka dominacji germanu w elektronice) używałem monochromatycznej wiązki światła. W wyniku pochłonięcia fotonu o odpowiedniej energii, zostaje wzbudzony elektron z pasma walencyjnego do pasma przewodnictwa, powodując zerwanie wiązania kowalencyjnego pomiędzy dwoma sąsiednimi atomami germanu. Można było oczekiwać, że pod wpływem silnego oświetlenia – na skutek

zerwania dużej liczby wiązań chemicznych – kryształ germanu zwiększy swoją objętość, co postanowiłem zweryfikować eksperymentalnie. Oczywiście, takie rozumowanie było zbyt naiwne. W rzeczywistości, w wyniku generacji par elektron-dziura w półprzewodniku, może zachodzić zarówno dylatacja kryształu jak i jego kompresja, w zależności od szczegółów struktury elektronowej konkretnego materiału.

Zjawisko fotostrykcji można opisać w sposób fenomenologiczny wykorzystując tzw. tożsamości termodynamiczne. Pozwalają one znaleźć relację pomiędzy zmianą objętości kryształu, V , wywołaną wprowadzeniem dodatkowej koncentracji par nośników ładunku, n , a zmianą energii (przerwy) wzbronionej półprzewodnika, E_g , pod wpływem ciśnienia hydrostatycznego, p , przy ustalonej temperaturze, T [2]:

$$\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial n} \right)_{p,T} = \left(\frac{\partial E_g}{\partial p} \right)_T$$

Wartości współczynników $\kappa = (\partial E_g / \partial p)_T$ dla różnych półprzewodników były wyznaczone eks-

perymentalnie. I tak, α jest dodatnie dla germanu i ujemne dla krzemu, co powoduje odpowiednio dylatację i kompresję tych kryształów pod wpływem oświetlenia. Na podstawie przedstawionego tu wyrażenia, można określić zależność liczbową między względną zmianą jednego z wymiarów kryształu a koncentracją generowanych światłem par nośników ładunku. Dla germanu ma ona postać $\Delta l/l = 3 \times 10^{-24} n$, gdzie koncentracja n jest wyrażona w cm^{-3} . Wykorzystując do oświetlenia cienkiej próbki germanowej, o długości 1 cm, żarówkę projekcyjną i monochromator, można było oczekiwać zmiany długości próbki rzędu 10^{-9} - 10^{-10} cm. Pół wieku temu, kiedy nikt nie miał jeszcze pojęcia o mikroskopie sił atomowych, pomiar takiej wartości wydawał się niezwykle trudny.

Dla weryfikacji zjawiska fotostrykcji zastosowałem metodę pojemnościową. W odległości kilkudziesięciu mikrometrów od jednego z końców prostopadłościennej próbki umieszczona była elektroda metaliczna, która wraz z próbką tworzyła kondensator, ładowany z zewnętrznego źródła napięcia stałego. Próbka była oświetlana promieniowaniem kwazi-monochromatycznym, przerywanym z częstotliwością od kilkudziesięciu do kilku tysięcy Hz. Odształcając się periodycznie pod wpływem światła, próbka wytwarzała zmienne napięcie na kondensatorze, które należało zmierzyć. Niestety, ówczesne warunki lokalowe były wyjątkowo niekorzystne do przeprowadzenia takiego eksperymentu.

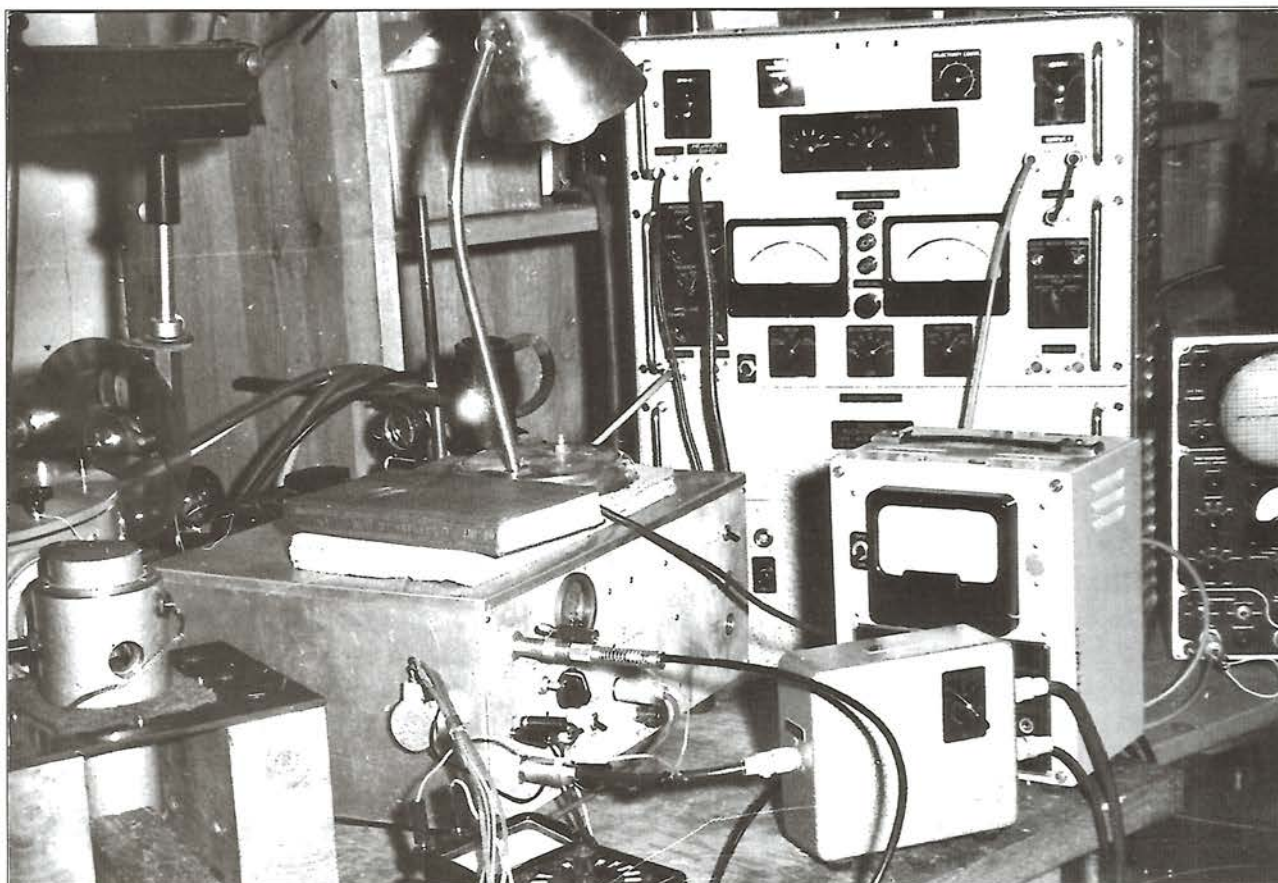
Znaczna część utworzonego w 1953 r. Instytutu Fizyki PAN mieściła się wówczas w uzyskanym od miasta wypalonym budynku dawnej PASTy (Polska Akcyjna Spółka Telefoniczna) przy ulicy Zielnej w centrum Warszawy. Kilka pięter tego wieżowca zostało prowizorycznie przystosowanych do urzędzenia w nich pracowni fizycznych. Wyposażono je w podłogi z uginających się desek, a ścianki działowe wykonano z dykty. Przejeżdżające ulicą Marszałkowską tramwaje powodowały silne zakłócenia elektryczne i mechaniczne tak, że precyzyjne pomiary można było prowadzić tylko nocą. Jedyną nadzieję na powodzenie zamierzonego eksperymentu dawał rewelacyjny na owe czasy wzmacniacz z detekcją fazoczułą (wzmacniacz lock-in) skonstruowany przez inżynierów z pracowni elektronicznej Instytutu, który stał się później przebojem eksportowym w tzw. krajach

demokracji ludowej. Myślę, że to głównie dzięki niemu udało mi się jednoznacznie zidentyfikować sygnał pochodzący od odształcenia próbki wywołanego światłem. Pozostało mozolne eliminowanie możliwych alternatywnych przyczyn efektu, przede wszystkim grzania próbki, a także określenie bezwzględnej wartości amplitudy dylatacji. Okazało się, że wyznaczona eksperymentalnie wielkość efektu dla wielu różnych próbek zgadza się z przewidywaną teoretycznie z dokładnością do czynnika dwa, co uznałem za sukces.

Sześć lat później Gauster i Fabich [3] zaobserwowali zjawisko fotostrykcyjne w krzemie, wykorzystując do detekcji zjawiska przetwornik piezoelektryczny. Ich eksperyment potwierdził, że krzem pod wpływem oświetlenia ulega kompresji, a nie – jak german – dylatacji. Eksperyment ten jednak nie pozwolił na ilościowe określenie wielkości tego zjawiska. Znacznie później, Buschert i Collella [4] badali zjawisko fotostrykcji w krzemie metodą rentgenowską, rejestrując przesunięcie refleksu Bragga wywołane oświetleniem próbki intensywnym światłem lasera. Obserwowali oni zjawisko kompresji kryształu w temperaturze 123 K, w której współczynnik rozszerzalności cieplnej krzemu jest zerowy. Zarejestrowany efekt był prawie pięciokrotnie większy od przewidzianego teoretycznie. Niedawno Inui [5] wyliczył poprawki do wyrażenia na odształcenie fotostrykcyjne dla Ge, Si i GaAs wynikające z faktu, że rozkłady przestrzenne generowanych elektronów i dziur w oświetlonej próbce mogą być różne.

Przez długi okres czasu fotostrykcja pozostawała raczej ciekawostką naukową. Dopiero wiek XXI stworzył realną perspektywę praktycznego wykorzystania tego zjawiska. Jest to związane z gwałtownym rozwojem mikro- oraz nanotechnologii i rosnącym zapotrzebowaniem na mikrouządzenia elektromechaniczne (MEMS – microelectromechanical systems). Konwencjonalny sposób dostarczania energii elektrycznej dla pobudzania mikromechanizmów, których rozmiary są rzędu kilku lub kilkudziesięciu μm , staje się kłopotliwy lub wręcz niemożliwy. W takich przypadkach alternatywą może być bezpośrednie wzbudzenie ruchu za pomocą wiązki światła.

Monokrystaliczny krzem jest podstawowym materiałem, z którego wytwarzane są mikromechanizmy. Krzem ma znakomite



Stanowisko pomiarowe, na którym zaobserwowano zjawisko fotostrykcyjne w germanie w 1960 r. Z lewej u dołu – maszynowa cylindryczna komora, w której umieszczona jest próbka, nieco wyżej – fragment monochromatora, powyżej – wirująca tarcza (chopper), zawieszona u sufitu, przerywająca światło padające na próbkę. Prawą część zdjęcia wypełnia potężny wzmacniacz z detekcją fazoczułą

właściwości mechaniczne i posiada tę zaletę, że do wytwarzania z niego mikrouządzeń można wykorzystać technologie stosowane przy produkcji krzemowych układów scalonych. Jednym z najprostszych elementów mikromaszyn jest cienka elastyczna beleczka (dźwignia, cantilever), której jeden koniec jest sztywno zamocowany, drugi natomiast pozostaje swobodny. Może ona być wyginana lub pobudzana do drgań poprzecznych. Tego rodzaju dźwignia, o długości 100-500 μm i grubości 0.2 - 8 μm , wykonana zazwyczaj z krzemu, jest podstawowym elementem mikroskopów sił atomowych. Zjawisko fotostrykcyjne polegające na wyginaniu beleczki krzemowej pod wpływem oświetlenia było szczegółowo badane przez kilka zespołów badawczych [6, 7]. Wyginanie zachodzi na skutek występowania gradientu koncentracji wzbudzonych światłem par nośników ładunku. Gradient ten celowo zwiększano różnicując prędkość rekombinacji powierzchniowej nośników na przeciwległych ściankach beleczki.

Jednakże „samoistne” zjawisko fotostrykcyjne, o którym dotychczas była mowa, jest zbyt małe, aby mogło znaleźć obecnie szerokie zastosowanie praktyczne. Tymczasem pojawiła się nowa idea, która pozwala radykalnie zwiększyć odkształcenie kryształu pod wpływem oświetlenia. Polega ona na połączeniu zjawiska fotovoltaicznego i odwrotnego zjawiska piezoelektrycznego. Inicjatorem badań w tym kierunku był Keji Uchino z Pennsylvania State University [8]. W wyniku intensywnych poszukiwań znaleziono pewne materiały ceramiczne, które wykazują nadzwyczaj silne zjawisko fotostrykcyjne. Najbardziej obiecujący jest związek krystaliczny o strukturze perowskitu złożony z ołowiu, lantanu, cyrkonu i tytanu, zwany skrótowo PLZT, domieszkowany zazwyczaj wolframem. Materiał ten jest ferroelektrykiem wykazującym silne zjawisko piezoelektryczne. Pod wpływem promieniowania w zakresie bliskiego ultrafioletu generowana jest siła elektromotoryczna. Różnica potencjałów powstająca

wzdłuż kierunku momentu dipolowego ferroelektryka osiąga wartość 10 kV/cm! Dokładny mechanizm tego zjawiska fotowoltaicznego nie jest do końca wyjaśniony. Tak duża różnica potencjałów powoduje znaczne odkształcenie kryształu i w rezultacie silne zjawisko fotostrykcyjne [9,10,11], które zostało zademonstrowane w rozmaitych gadżetach.

Uchino wykorzystał zjawisko fotostrykcyjne tego rodzaju do budowy głośnika optycznego pobudzanego bezprzewodowo wiązką światła. Chociaż efekt jest bardzo wydajny, jego duża bezwładność ogranicza częstotliwość przenoszonych dźwięków do 80 Hz. Z kolei, struktura złożona z dwóch sklejonnych warstw PLZT o przeciwnie zorientowanych momentach dipolowych ma tę właściwość, że pod wpływem oświetlenia wygina się prostopadle do płaszczyzny warstwy. Wykorzystując tę właściwość zbudowano m.in. mikroprzełącznik sterowany optycznie, oraz „robaka” pełzającego pod wpływem światła. Ale dla praktycznego zastosowania sterowanych światłem mikroprzełączników trzeba uzyskać większą prędkość ich działania, co będzie zapewne trudne do osiągnięcia w przypadku materiałów ferroelektrycznych. W tym kontekście ciekawe są badania dotyczące zjawiska fotostrykcyjnego w strukturach wytworzonych z nanorurek węglowych i grafenu [12].

Przedmiotem intensywnych badań uczonych stają się układy opto/elektromechaniczne o coraz mniejszych rozmiarach (NEMS – nanoelectromechanical systems). Uważa się, że pozwolą one zbudować przyrządy do pomiaru

położenia, siły i masy z nieosiągalną dotąd dokładnością. Nowym, ekscytującym wyzwaniem dla fizyków jest przetworzenie światła w ruch mechaniczny na poziomie pojedynczej cząsteczki [13].

Literatura

- [1] T. Figielski, Phys. Stat. Sol. 1, 306 (1961)
- [2] T. Figielski, Phys. Stat. Sol. 3, 1870 (1963)
- [3] W.B. Gauster, D.H. Habing, Phys. Rev. Lett. 18, 1058 (1967)
- [4] J.R. Buschert, R. Colella, Solid State Commun. 80, 419 (1991)
- [5] N. Inui, Jpn. J. Appl. Phys. 45, 1675 (2006)
- [6] P.G. Datskos, S. Rajic, I. Datskou, Appl. Phys. Lett. 73, 2319 (1998)
- [7] Y.L. Guo, J. Zhou, Y.P. Huang, M. H. Bao, Sensors (Basel) 7, 1713 (2007)
- [8] K. Uchino, P. Poosanaas, K. Tonooka, Ferroelectrics 264, 1961 (2001)
- [9] L.J. Steinbock, M. Helm, Sensors (Basel), 8, 23 (2008)
- [10] Q.T. Luo, L.Y. Tong, J. Intel. Mat. Syst. Str. 20, 1425 (2009)
- [11] J. Matovic, Z. Jaksic, Microsyst. Technol. 16, 755 (2010)
- [12] A. Levitsky, P.T. Kanelos, D.S. Woodbury, et al., J. Phys. Chem. B 110, 9421 (2006)
- [13] M.J. Comstock, D.A. Strubbe, L. Berbil-Bautista, et al., Phys. Rev. Lett. 104, 178301 (2010)

Profesor Czesław Bojarski (1923 – 2009)

Józef Kuśba¹, Hanna Grajek², Piotr Bojarski³

¹ Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej

² Katedra Fizyki i Biofizyki, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski

³ Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Gdańskiego

Streszczenie: Wspomnienie o profesorze Czesławie Bojarskim, wybitnym polskim fizyku molekularnym i prawym człowieku przedstawiają jego uczniowie.

Posthumous tribute: Profesor Czesław Bojarski (1923 – 2009)

Abstract: A posthumous tribute of Professor Czesław Bojarski an outstanding Polish molecular physicist and a righteous man present his pupils.



Na zdjęciu: Prof. C. Bojarski (z lewej) otrzymuje tytuł honorowego profesora UWM z rąk Rektora Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie – prof. dr hab. Ryszarda Góreckiego w 2005 r.

Profesor zwyczajny dr hab. Czesław Bojarski specjalizował się w zakresie fizyki molekularnej. Praktycznie całe swoje życie zawodowe związał z Politechniką Gdańską.

Urodził się 25 grudnia 1923 roku w Działdowie, gdzie uczęszczał do szkoły powszechnej, gimnazjum i liceum. Wybuch II wojny światowej pozbawił go możliwości kontynuowania nauki - wykonywał ciężkie roboty przymusowe. Po wojnie szybko nadrobił zaległości w nauce i zdał maturę.

W latach 1947-1952 odbył studia na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu, gdzie uzyskał magisterium z fizyki teoretycznej za pracę z zakresu podstaw mechaniki kwantowej wykonaną pod kierunkiem prof. Jerzego Rayskiego, znanego z prac dotyczących kwantowej teorii pola i teorii cząstek elementarnych.

Pierwszą pracę podjął w roku 1951 w Oficerskiej Szkole Artylerii w Toruniu w charakterze wykładowcy fizyki. Od roku 1952 pracował na Politechnice Gdańskiej, gdzie w I Katedrze Fizyki i w Instytucie Fizyki zajmował kolejno stanowiska asystenta (1952-1954), starszego asystenta (1954-1957), adiunkta (1957-1968), docenta (1968-1980), profesora nadzwyczajnego (1980-1987), profesora zwyczajnego (1987-1994). W latach 1954-1955 pracował dodatkowo jako nauczyciel w Technikum Budownictwa Przemysłowego w Gdańsku.

Stopień doktora nauk matematyczno-fizycznych nadała Mu w 1962 r. Rada Wydziału Matematyki i Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego na podstawie rozprawy doktorskiej zatytułowanej „Niektóre zagadnienia międzymolekularnej migracji energii wzbudzenia i depolaryzacji stężeniowej fotoluminescencji roztworów stałych”. Promotorem doktoratu był prof. Tadeusz Skaliński, pełniący wówczas funkcję kierownika Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego. Warto podkreślić, że praca doktorska prof. C. Bojarskiego powstała na podstawie siedmiu autorskich publikacji w wyniku samodzielnie sformułowanego problemu naukowego. Po uzyskaniu doktoratu prof. C. Bojarski rozwijał intensywnie zainteresowania badawcze luminescencją molekularną. Zaowocowało to licznymi publikacjami oraz uzyskaniem w 1975 roku przed Radą Naukową Instytutu Chemii Fizycznej PAN w Warszawie stopnia doktora habilitowanego nauk fizycznych na podstawie rozprawy „Bezpromieniste przeno-

szenie elektronowej energii wzbudzenia i niektóre efekty stężeniowe w roztworach fluoryzujących”. Tytuł profesora nadzwyczajnego uzyskał w roku 1980 a profesora zwyczajnego w 1987. W roku 1994 przeszedł na emeryturę. Po przejściu na emeryturę pracował jeszcze przez rok na Uniwersytecie Gdańskim.

Profesor C. Bojarski opublikował około 160 publikacji w uznanych czasopismach naukowych i był autorem licznych referatów na konferencjach międzynarodowych. Jego prace dotyczyły głównie bezpromienistego przekazywania energii wzbudzenia w ciekłych i sztywnych roztworach fluoryzujących. Szczególne miejsce w jego dorobku zajmuje model wieloetapowego przekazywania energii wzbudzenia stworzony około 1970 roku wspólnie z Joachimem Domstą, obecnie profesorem na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej PG. Model ten przez wiele lat pełnił rolę ogólnościowego wyznacznika dla innych teorii tego zjawiska. Wszystkie teorie stężeniowej depolaryzacji fluorescencji w roztworach sztywnych, opracowane przez Wawiłowa (1943), Förstera (1948), Jabłońskiego i Gałanina (1955), nie brały pod uwagę zjawiska wygaszania stężeniowego, a teorie Wawiłowa i Gałanina, w dodatku, zjawiska remigracji elektronowej energii wzbudzenia. Teorie Förstera i Jabłońskiego w zakresie wpływu stężenia akceptora na wydajność kwantową donora ograniczały się do układów, w których stężenie donora jest znacznie mniejsze niż stężenie akceptora, zaś bezpromieniste przekazywanie energii traktowane jest w nich jako proces jednoetapowy. Te same ograniczenia dotyczą zmian stężeniowych czasu zaniku, a także funkcji zaniku fluorescencji donora. Należy podkreślić, że wszystkie te ograniczenia ukazują daleko niezadowalający stan teorii samowygaszania w tym okresie.

Profesor C. Bojarski opracował jako pierwszy ogólne teorie stężeniowego wygaszania fluorescencji w roztworach ciekłych i stężeniowej depolaryzacji fluorescencji w roztworach sztywnych bez wspomnianych wyżej upraszczających założeń. Wyjaśnił ilościowo zjawisko repolaryzacji obserwowane przy wyższych koncentracjach molekuł barwników w roztworze. Mechanizm wygaszania stężeniowego fluorescencji (tak zwanego samowygaszania) został uzasadniony przez niego obecnością niefluoryzujących dimerów. W tych teoriach wziął pod uwagę migrację elektronowej energii wzbudzenia w układzie do-

norów (monomerów) w procesie transportu energii do akceptorów (dimerów).

W późniejszym okresie swojej pracy jako pierwszy zaproponował model przekazu energii rozszerzony o możliwość odwrotnego transportu wzbudzenia elektronowego w dwuskładnikowych układach fluoryzujących. Kierunek ten został następnie rozwinięty przez jego uczniów, współpracowników i innych badaczy.

Osiągnięcia profesora C. Bojarskiego mają istotne znaczenie dla poznania kinetyki zaniku i wygaszania fluorescencji, dla identyfikacji mechanizmów migracji energii wzbudzenia w makromolekułach, polimerach, szkliwach i roztworach.

Prace profesora C. Bojarskiego są do dziś cytowane w artykułach naukowych autorów zagranicznych i krajowych (łącznie około 900 cytowań). Jego prace znalazły uznanie w kilkunastu monografiach wydanych za granicą, np. przez A. Schmillena i R. Leglera w tomie 3 „Landolt - Börnstein Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology. - Springer Verlag, przez A.M. Sarżewskiego i A.N. Sewczenkę w „Anizotropija pogłoszczenia ispuskaniya swieta molekułami” - Mińsk 1971 r., przez I.B. Berlmana w „Energy Transfer Parameters of Aromatic Compounds” - New York and London 1973, przez N.E. Geacintova i J. Bretona w „Biological Events Probed by Ultrafast Laser Spectroscopy” - Academic Press 1982, przez W.Ł. Jermołajewa, J.N. Bodunowa, I.B. Swiesznikowa i T.A. Szachwierdowa w monografii „Biezizłuczatielnoj pierenos enierгии elektronnowo wozbużdienija” - Leningrad 1977, czy Lakowicza „Principles of Fluorescence Spectroscopy” (2nd edition (1999)) a w Polsce w fundamentalnym podręczniku A. Kawskiego „Fotoluminescencja roztworów” (PWN (1992)). Podobnie jak w wielu innych w monografii Jermołajewa, osiągnięte przez profesora C. Bojarskiego i jego zespół wyniki uzyskały wysoką ocenę, np. w § 3.2 na str.66 czytamy: „Współczesną teorią opisującą obydwie wyżej opisane zjawiska (depolaryzację stężeniową i wygaszanie stężeniowe fluorescencji) jest teoria Bojarskiego”.

Wyniki prac profesora C. Bojarskiego były także stosowane przez innych autorów m.in. do badania mechanizmu wygaszania fluorescencji w układach mieszanych barwników [L.W. Lewszin i inni, *Ž. Prikl. Spektrosk.*, 32, 41 (1980); *ibid.* 33, 100 (1980); *Opt.*

i Spektrosk., 54, 807 (1983)] jak również w układach modelowych dla fotosyntezy [E.I. Zenkiewicz, A.P. Łosew, *Izv. AN SSSR Ser. Fiz.*, 39, 1845 (1975); G.P. Gurinowicz i inni, *J. Luminescence* 26, 267 (1982)] a także do analizy procesu bezpromienistego przekazywania energii w micelach [E. Balint i inni, *Acta Phys. Polon.*, A58, 345 (1980)], do wyznaczania stałej dimeryzacji barwników kationowych w cienkich warstwach polimero- wych i analizy fotoreakcji w sztywnych matrycach [J. Marx, K. Schiller, *J. f. prakt. Chemie* 321, 102 (1979), *Z. Phys. Chemie, Leipzig* 263, 90 (1982)], by wymienić tylko kilka z nich. Do tej pory cytowane i stosowane są jego prace z zakresu asocjacji rodamin. W 1998 roku z okazji 75. urodzin prof. C. Bojarskiego czasopismo EPA Newsletter zamieściło artykuł o jego działalności naukowej.

Profesor C. Bojarski zorganizował poważny i liczący się w świecie zespół naukowy, zajmujący się fotoluminescencją układów organicznych. W pracach tego zespołu, który uczestniczył w realizacji zadań w ramach problemów międzyresortowych MR.1.9 i MR.1.5 pełnił rolę kierowniczą. Od roku 1967, po objęciu funkcji kierownika I Katedry Fizyki PG, prowadził systematycznie, co dwa tygodnie, seminarium z luminescencji molekularnej, w którym brali udział zarówno pracownicy jego zespołu jak i pracownicy Instytutu Fizyki Uniwersytetu Gdańskiego. Nie sposób wymienić wszystkich członków zespołu naukowego prof. C. Bojarskiego. Bezpośrednimi współpracownikami, będącymi współautorami jego prac byli: Sławomir Błoński, Andrzej i Regina Bujkowie, Ferdynand Burak, Joachim Domsta, Jerzy Dudkiewicz, Ewa Grabowska, Ludmiła Kaczyńska, Władysław Kolka, Józef Kuśba, Adam Matczuk, Hanna Prusko, Krzysztof Sienicki, Anastazja Siepietowska, Andrzej Taszner, Ryszard Twardowski, Janusz Tyrzyk, Grażyna Żurkowska. W jego zespole dwie osoby (Józef Kuśba i Krzysztof Sienicki) uzyskały stopień doktora habilitowanego podobnie jak dwójka innych wielokrotnych współautorów jego prac zatrudnionych na innych uczelniach (Hanna Grajek i Piotr Bojarski). Prof. C. Bojarski był promotorem 9 prac doktorskich, z których 4 zostały wyróżnione, oraz recenzentem 24 prac doktorskich i 4 habilitacyjnych.

Profesor C. Bojarski współpracował z wieloma ośrodkami naukowymi w kraju (m.in. Instytut Fizyki Uniwersytetu im. M. Kopernika

w Toruniu, Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Gdańskiego, Katedra Fizyki i Biofizyki Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie) i za granicą (m.in. Instytut Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu w Szeged, Katedra Optyki na Uniwersytecie w Mińsku, Laboratorium Promieniowania i Elektroniki Jądrowej w Strasburgu, Instytut Chemii Fizycznej na Politechnice Leuna-Merseburg, Laboratorium Fizyki na Uniwersytecie im. L. Pasteur'a w Strasburgu, Centrum Spektroskopii Fluorescencyjnej w Baltimore, Instytut Badań Polimerów na Uniwersytecie w Akron w stanie Ohio, Wydział Sztuk i Nauk na Uniwersytecie w Montrealu, Katedra Chemii na Uniwersytecie w Toronto, Katedra Chemii na Uniwersytecie Hebrajskim w Jerozolimie), w których wielu jego współpracowników przebywało na stażach naukowych. Są oni współautorami około 50 artykułów Profesora opublikowanych w specjalistycznych czasopismach wysokiej rangi.

W ocenie współpracowników profesor C. Bojarski był człowiekiem o wielkiej kulturze osobistej, osobą skromną, a jednocześnie uczynnym w całym tego słowa znaczeniu, zawsze – nawet w najtrudniejszych czasach – zachowującym niezależność i bezstronność. Nie należał do partii politycznych. Bez względu na sytuację polityczną nie ulegał naciskom i bronił swoich pracowników. Promował osoby uzdolnione, a nie wspierane przez organy partyjne. Był członkiem NSZZ „Solidarność” od momentu jej powstania.

Na szczególne podkreślenie zasługiwała jego życzliwość i chęć pomocy innym. Przykładem tej postawy było bezinteresowne dzielenie się wiedzą i dostępem do laboratoriów dla współautorki tego artykułu dr hab. Hanny Grajek z Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie a także szeregu innych młodszych pracowników nauki. W efekcie tego było możliwe przeprowadzenie przeze mnie (H. Grajek) najważniejszych badań zarówno do doktoratu jak i habilitacji. Były to jakościowe i ilościowe badania transferu oraz migracji energii między monomerami i dimerami flawomononukleotydu, które są fotoreceptorami m.in. w roślinach. W uznaniu całokształtu zasług dla rozwoju kadry UWM i owocnej współpracy naukowej prof. C. Bojarski został profesorem honorowym UWM w 2005 roku.

Wśród osób, które zetknęły się z prof. C. Bojarskim bardzo mile wspomniane są dys-

kusje naukowe i pozanaukowe towarzyszące spotkaniom i pisaniu wspólnych publikacji. Profesor C. Bojarski ujawniał w nich nie często spotykaną umiejętność mówienia o sprawach skomplikowanych prostym i zrozumiałym, lecz precyzyjnym językiem.

Dr Grażyna Żurkowska wspomina: „Profesor tworzył atmosferę ojcowską – zawsze pytał pracowników o postępy – odczuwało się jego troskę o cały Zespół naukowy, co niezwykle zachęcało nas do pracy naukowej. Wiedzieliśmy, że trzeba mierzyć, liczyć, pisać, bo następnego dnia będzie to samo Jego delikatne pytanie z szacunkiem i uśmiechem skierowane do każdego z nas: „co słychać”.

Profesor C. Bojarski prowadził na Politechnice Gdańskiej przez szereg lat liczne wykłady kursowe z fizyki na Wydziale Elektroniki i Wydziale Elektrycznym oraz wykłady monograficzne na Sekcji Fizyki Technicznej, Sekcji Pomiarów Izotopowych oraz na studium doktoranckim przy Wydziale Elektroniki PG. Od roku 1973 prowadził wykłady kursowe i monograficzne oraz seminarium na Fizyce Technicznej przy Instytucie Fizyki oraz na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej PG. Uczestniczył w opracowywaniu nowych programów nauczania i organizowaniu nowych laboratoriów dla Fizyki Technicznej.

Pełnił też liczne funkcje poświęcając dużo czasu sprawom bytowym i wychowawczym. W ramach działalności organizacyjnej na Politechnice Gdańskiej pełnił funkcję kierownika I Katedry Fizyki i prodziekana Wydziału Elektroniki (1968-69), zastępcy dyrektora Instytutu Fizyki (1969-71) i (1974-76), członka Komisji Rektorskiej ds. Badań Naukowych (1973-76), członka Komisji Rektorskiej ds. Rozwoju Kadry Naukowo-Dydaktycznej (1977-78), przewodniczącego Komisji Rektorskiej ds. wdrożenia Międzynarodowego Układu Jednostek SI (1978), kierownika zakładu dydaktycznego dla Wydziału Elektroniki (1969-1984), kierownika Katedry Luminescencji Molekularnej (1984-1995).

Profesor C. Bojarski uczestniczył także w popularyzacji fizyki, biorąc udział jako wykładowca w odczytach przeznaczonych dla młodzieży szkół średnich w ramach działalności Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Jako członek Zarządu Oddziału Gdańskiego PTF (1955-57), a później, jako Przewodniczący Oddziału (1967-68), zorganizował szereg odczytów z dy-

daktyki fizyki przeznaczonych dla nauczycieli szkół średnich.

Za osiągnięte wyniki w działalności naukowej został trzy razy wyróżniony nagrodą indywidualną Ministra Nauki, Szkolnictwa Wyższego i Techniki oraz nagrodą zespołową Ministra, nagrodą naukową Polskiego Towarzystwa Fizycznego oraz 19 razy nagrodą naukową Rektora Politechniki Gdańskiej.

W uznaniu dla Jego pracy społeczno-organizacyjnej w Politechnice Gdańskiej otrzymał 6 razy nagrodę Rektora PG m.in. za pracę zawodową i społeczną (1953), za specjalny wkład pracy dydaktyczno-organizacyjnej (1960), za opiekę nad I Katedrą Fizyki (1967). Został rów-

nież odznaczony Srebrnym i Złotym Krzyżem Zasługi (1971 i 1973), a także Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski (1981).

Po przejściu w 1994 roku na emeryturę profesor C. Bojarski pozostawał czynny naukowo do 2003 roku. Opublikował w tym czasie 12 artykułów w czasopismach z listy filadelfijskiej.

Pozostawił po sobie dwóch synów Krzysztofa i Piotra oraz trójkę wnucząt: Agatę, Pawła i Maksymiliana. Syna Piotra i wnuczkę Agatę zaraził pasją do fizyki. Interesował się żywo filozofią nauki, ogrodnictwem, sportem. Lubił muzykę klasyczną. W ostatnich latach swojego życia ciężko chorował. Zmarł 20 czerwca 2009 roku.

W CERN ruszył Wielki Zderzacz Hadronów

Uruchomienie Wielkiego Zderzacza Hadronów w Europejskim Laboratorium Fizyki Cząstek CERN potraktowano jako wydarzenie historyczne dając mu oprawę naukową i pełną obsługę medialną. Listę akredytowanych stu kilkudziesięciu dziennikarzy reprezentujących news-media z całego świata, zamknięto już w listopadzie 2009 r. To miał być eksperyment „na żywo”, nie żadna symulacja komputerowa. Goście mieli obserwować na monitorach komputerów pierwsze zderzenia protonów przy energii wiązki równej 7 TeV. Data wydarzenia – 30 marca 2010 roku została zatwierdzona w ostat-



Radość z pierwszych zderzeń w centrum zarządzania ATLASA. Człowiek w okularach i kraciastej koszuli to dr Krzysztof Woźniak z IFJ PAN, Kraków

niej chwili, a i to z zastrzeżeniem 24-godzinnego poślizgu. W przypadku gdyby nie udało się uzyskać zderzeń, eksperyment miał być kontynuowany następnego dnia, o czym dziennikarze byli powiadomieni.

Uroczystość nazwano LHC First Physics Event. Przygotowania trwały wiele tygodni, a ostatnie próby uruchomienia akceleratora prowadzono w noc poprzedzającą dzień rozruchu. Około godziny drugiej wiązki protonów krążyły już w przeciwnych kierunkach w 27 km rurze, przyspieszone do bardzo wysokich energii.

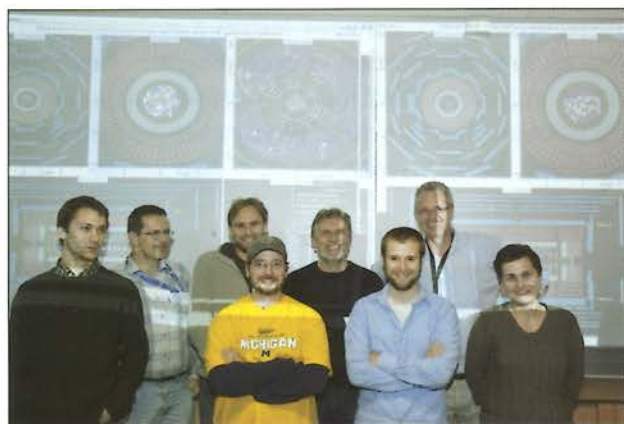
Recepcja dziennikarzy akredytowanych na wydarzenie rozpoczęła się we wtorek o 7-mej rano. Wahadłowo kursujące busy najpierw umożliwiały przemieszczanie się z recepcji do głównego centrum prasowego, a później z centrum prasowego do centrów zarządzania poszczególnych eksperymentów. Każdy dziennikarz miał zapewnione stanowisko przy

eksperymentie oraz miejsce do cichej pracy. Przewidywano wizyty w głównym centrum dowodzenia LHC i centrach dowodzenia czterech wielkich eksperymentów: ATLAS, ALICE, CMS i LHCb, referaty objaśniające program naukowy akceleratora, dyskusje ekspertów przy okrągłym stole. Goście mieli śledzić stopniowe zwiększanie napięcia na magnesach, a w konsekwencji wzrost energii cząstek.

Ale nie obeszło się bez przygód. Około 9-tej rano pojawiły się w wielu miejscach światła kontrolne świadczące o przekroczeniu niektórych parametrów na skutek niestabilności zasilania sieci elektrycznej. Zakosztowano smaku nieprzewidywalnej pracy przy eksperymencie. Starannie opracowany przez organizatorów scenariusz wydarzenia musiał ulec zmianie. Przewidziane kilkakrotne łączenie z monitorami eksperymentów straciło sens, bo wyłączono zasilanie sieci elektrycznej i gigantyczna maszyna na pewien czas przestała działać.

Kiedy operatorzy i inżynierowie pracowali nad przywróceniem warunków pracy akceleratora, fizycy-eksperci wyjaśniali znaczenie i program naukowy wielkiego zderzacza LHC.

W eksperymentach ATLAS i CMS będą poszukiwane bozony Higgosa – boskie cząstki, dzięki którym wszystkie inne elementarne składniki materii posiadają masę. Bozon Higgosa jest jedyną cząstką w Modelu Standardowym do tej pory nie zarejestrowaną doświadczalnie. Zapewne dzięki LHC uda się go znaleźć, ale równocześnie jest możliwe odkrycie nowych faktów doświadczalnych pozwalających wyjaśnić inne



Zespół ATLASA dyżurujący przy pulpicie sterowniczym 30 marca. Pierwsza od prawej to nasza koleżanka dr Elżbieta Banaś z IFJ PAN, Kraków



Radość w ATLASIE, pierwszy z lewej dr Krzysztof Woźniak z IFJ PAN, Kraków

zagadki. Nie wiemy na przykład, czy poprawny jest mechanizm Higgsa, gdyż nie tłumaczy on dlaczego masy cząstek tak bardzo różnią się między sobą. Być może będzie trzeba zweryfikować Model Standardowy lub uzupełnić go o nowe głębsze teorie. Model ten nie jest w istocie teorią fundamentalną, nosi cechy teorii efektywnej. Zawiera około dwudziestu różnych parametrów, których dopasowanie wymaga dokładności do kilkunastu miejsc po przecinku! Ale fizycy są do starego już modelu przywiązani i niechętnie by go obalali. Zachwyca ich stosunkowo mała liczba najbardziej elementarnych cząstek tworzących materię.

Wynikająca z Modelu Kosmologicznego (zawierającego MS) masa Wszechświata nie zgadza się z obserwowaną ilością materii. Brakuje nie jakiegoś ułamka, ale aż 95% masy! Może to być materia ciemna nie emitująca i nie odbijająca światła, której istnienie zdradzają jedynie wywierane przez nią zjawiska grawitacyjne. Ale i tej materii jest za mało. Bilans mogłaby uzupełnić dopiero ciemna energia. Materia ciemna stanowi jedną z największych zagadek w kosmologii i fizyce cząstek. Nie wiadomo zupełnie jaka jest jej natura, ani z czego się składa. Fizycy snują więc nowe teoretyczne hipotezy, które wymagają doświadczalnego potwierdzenia.

Najbardziej prawdopodobna wydaje się teoria supersymetrii czyli symetrii zachodzącej między bozonami a fermionami. Zakłada ona, że wszystkie znane cząstki mają swoich supersymetrycznych partnerów. Ale w przeprowadzonych dotąd eksperymentach nigdy ich nie zaobserwowano. Może to oznaczać, że masy tych partnerów są większe niż cząstek już poznanych. Zgodnie z najprostszą wersją modelu

supersymetrycznego najbliższy z superpartnerów powinien być cząstką stabilną o masie rzędu $1 \text{ TeV}/c^2$, a więc potencjalnym kandydatem na cząstkę ciemnej materii, którą mogą zarejestrować pracujące właśnie w tym zakresie energii detektory ATLAS czy CMS.

Model Standardowy nie wyjaśnia, dlaczego we Wszechświecie nie występuje antymateria. Eksperyment LHCb pozwoli zbadać drobne różnice między rozpadami tzw. mezonów pięknych. Rozpad tych mezonów jest nieco inny niż ich antycząstek. Ta niewielka różnica mogłaby wyjaśnić, dlaczego Wszechświat zawiera tak mało antymaterii. LHC będzie produkował rocznie biliony mezonów pięknych, zawierających kwark lub antykwark piękny b. Rozwiązanie zagadki dlaczego nie obserwujemy w przyrodzie antymaterii jest jednym z ważnych celów programu LHC, być może kryje się tu całkiem nowa fizyka...



W centrum zarządzania LHC. W środku, w okularach dr Andrzej Siemko z Warszawy, obecnie pracownik CERN

Celem eksperymentu ALICE jest zbadanie pierwszych chwil istnienia Wszechświata tuż po Wielkim Wybuchu, czyli w czasie, w którym nastąpiła ekspansja, zwana też inflacją. Zderzenia proton – proton w tym eksperymencie będą traktowane jako dane porównawcze do zderzeń jonów ołowiu. Rozpędzone jony ołowiu będą się zderzać z energią 575 TeV tworząc warunki ekstremalnie wysokich temperatur i bardzo wielkich gęstości materii, podobne do panujących tuż po Wielkim Wybuchu, czyli 13,7 miliardów lat temu. Materia była wtedy w stanie plazmy kwarkowo – gluonowej. Zbadanie stanu plazmy pozwoli lepiej zrozumieć historię Wszechświata i to nie od jednej setnej ale znacznie wcześniej, bo aż od jednej milionowej sekundy po Wielkim Wybuchu.



Dr Andrzej Siemko (w okularach, w ciemnej marynarce i szarej koszuli obok człowieka klaszczącego) wśród ludzi w centrum zarządzania LHC



Szampan dla uczczenia sukcesu: w CERN ruszył LHC!

We wszystkich czterech eksperymentach ATLAS, ALICE, CMS i LHCb mają udział Polacy zarówno w przygotowaniu programu naukowego jak i w budowie akceleratora LHC. Pracownicy IFJ PAN oraz Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH budowali detektor wewnętrzny ATLASa, opracowali dla niego detektory krzemowe i słomkowe. Tworzyli elektronikę do ich zasilania, odczytu i sterowania. Instalowali, uruchamiali i testowali poszczególne elementy aparatury. Po awarii pracowali przy rekonstrukcji magnesów nadprzewodzących i ich ponownym uruchamianiu. Przy budo-

wie CMS pracowali fizycy i inżynierowie z Instytutu Fizyki Doświadczalnej UW. Grupy polskie są w światowej sieci komputerów rozproszonych grid i mają dostęp do danych eksperymentalnych, które będą opracowywać.

Eksperti skończyli objaśnienia, wyczerpała się dyskusja, a na monitorach komputerów sterujących ciągle nie było zderzeń. Ogłoszono przerwę. Zapewniano, że nie jest to kolejna awaria, ale chwilowa niestabilność sieci. Pełne napięcia oczekiwanie stawało się nieznośne. W końcu koło południa podjęto kolejną próbę akceleracji. Można było obserwować, jak powoli rośnie energia przyspieszanych protonów. Stabilizacja parametrów trwała jeszcze ponad godzinę. Wreszcie na monitorach w centrum dowodzenia eksperymentem ATLAS o godzinie 13⁰⁶ zobaczyliśmy pierwsze zderzenia protonów o energii 3.5 TeV oraz ślady cząstek rozchodzących się w różnych kierunkach w wyniku tych zderzeń. Zerwały się okłaski, okrzyki radości i ulgi. Strzeliły korki od butelek szampana. Jednak się udało! Są zderzenia, jest ich coraz więcej. W centrach dowodzenia kolejnych trzech eksperymentów też pojawiały się przypadki zderzeń proton-proton i pozakrzywiane lub prostoliniowe tory rozbiegających się po zderzeniach cząstek. Nieziemsko skomplikowana maszyna ruszyła, zaczęła produkować nowe nieznanne cząstki, wykradać Naturze fascynujące tajemnice.

Około godziny po pojawieniu się pierwszych zderzeń odbyła się konferencja prasowa z udziałem Rolfa Heuera - dyrektora generalnego CERN, Steve'a Myersa - dyrektora akceleratorów i technologii, Jamesa Gilliesa, szefa komunikacji oraz CERN-owskich spokesmanów: Jurgena Schukrafta z eksperymentu ALICE, Fabioli Gianotti z ATLASa, Guido Tonelli z CMS, Andrei Golutvin z LHCb.

*Małgorzata Nowina Konopka
Instytut Fizyki Jądrowej
im. H. Niewodniczańskiego PAN, Kraków*



■ Ryszard Andrzej Czajka

Urodził się 3 stycznia 1953 r. w Malborku (woj. pomorskie). Ukończył XI Liceum Ogólnokształcące w Poznaniu w 1971 r., następnie studiował fizykę na Wydziale Mat-Fiz-Chem Uniwersytetu im. A. Mickiewicza. Pracę magisterską z zakresu fizyki doświadczalnej obronił w roku 1976 (promotor – prof. dr hab. Z. Pająk). Pracę zawodową rozpoczął 1 lipca 1977 roku w Instytucie Fizyki Politechniki Poznańskiej (IF PP), gdzie nadal pracuje. Kolejne stopnie naukowe uzyskiwał w Instytucie Fizyki Molekularnej PAN w Poznaniu – stopień doktora nauk fizycznych w roku 1985 (promotor doc. dr Jerzy Rautuszkiwicz, IF PAN, Warszawa), stopień doktora habilitowanego w 1998 r. Tytuł naukowy profesora nauk fizycznych uzyskał 26 lutego 2010 r.

Początkowo zajmował się elektroluminescencją cienkich warstw ZnS. Praca doktorska dotyczyła jednak nieelastycznego tunelowania elektronów w złączach metal izolator metal. Za pomocą samodzielnie skonstruowanej aparatury, umożliwiającej pomiar widm drugiej pochodnej prądu tunelowego względem napięcia, badał rozkład krezoli w roztworach wodnych metodą ozonowania.

W roku 1986, już na stanowisku adiunkta, zajął się skaningową mikroskopią tunelową (STM). Po pierwszych, w zasadzie nieudanych, próbach konstrukcji własnego STM, w 1991 r. wyjechał na swój pierwszy staż zagraniczny do

grupy prof. Hermana van Kempena w Katolickim Uniwersytecie w Nijmegen w Holandii (obecna nazwa Radboud University), gdzie badał za pomocą STM polimery przewodzące, obrazował cząsteczki enzymu glukozy oksydazy, fulereny. Następnie, przez 3 miesiące był zatrudniony na stanowisku "visiting researcher" w tym samym Uniwersytecie w Instytucie Badań Materiałowych (FOM). Pod koniec pobytu w Nijmegen otrzymał propozycję objęcia stanowiska profesora wizytującego w grupie prof. Y. Nishiny w Institute for Materials Research (IMR), Tohoku University w Sendai w Japonii, gdzie spędził 1,5 roku od kwietnia 1992 r. do września 1993 r. Początkowo zajmował się wytwarzaniem monomolekularnych warstw cząsteczek Se na powierzchni grafitu (HOPG). W wyniku tych prac powstał patent zarejestrowany w Japońskim Urzędzie Patentowym. Następnie uruchomił STM pracujący w warunkach bardzo wysokiej próżni (UHV STM), za pomocą którego badał klasterki metaliczne oraz fulereny na powierzchniach ciał stałych (Si, HOPG, metale) oraz podjął próby manipulacji klasterkami w celu wytworzenia uporządkowanych matryc klasterów Au na powierzchni Si(111) 7×7.

Po powrocie do kraju, w roku 1994 został laureatem Konkursu „SEZAM”, ogłoszonego przez Fundację na rzecz Nauki Polskiej. Za uzyskane środki zakupił, dla macierzystego Instytutu Fizyki w Politechnice Poznańskiej, pierwszy w kraju skaningowy mikroskop próbnikowy (STM i AFM) do pracy w warunkach UHV (ale bez układu UHV). Kolejne uzyskiwane projekty badań własnych z MNiSW umożliwiły skompletowanie układu wysoko-próżniowego oraz podstawowe źródła parowania (działo elektronowe i jonowe) i analityczne (spektrometr masowy, a ostatnio spektrometr LEED/Auger). W kraju był jednym z pierwszych badaczy obrazujących nanorurki węglowe, zajmujących się tarciem w skali nanometrowej, charakteryzacją powierzchni ferroików, kryształów jonowych, itp. W roku 1998 uzyskał stopień doktora habilitowanego na podstawie rozprawy pt. „Struktura układów mezoskopowych badana za pomocą skaningowej mikroskopii tunelowej”.

W trakcie kolejnych staży w Japonii na pozycji profesora wizytującego w IMR (1999/2000) i w Center for Interdisciplinary Research (2002/2003) zajmował się odpowiednio badaniem klasterów magnetycznych oraz me-

chanizmami wzrostu i wytwarzaniem nanostruktur krzemków metali na podłożach krzemowych. Prace te kontynuował w kraju. Obecnie interesuje się wytwarzaniem nanodrutów, manipulacjami pojedynczymi molekułami, spektroskopią tunelową, nanoadhezją, dynamiczną spektroskopią sił i charakteryzowaniem nanomechanicznych właściwości materiałów.

Od maja 2000 r. jest zatrudniony na stanowisku profesora nadzwyczajnego w Politechnice Poznańskiej. W okresie od 1996 roku kierował trzema grantami badawczymi, jednym polsko-brytyjskim (British Council) oraz dwoma grantami promotorskimi. Wypromował jednego doktoranta, kolejne trzy obrony są planowane na rok 2011. Jest współautorem 113 artykułów naukowych, w tym ok. 70 w czasopismach z tzw. listy filadelfijskiej.

W 1997 r. był współinicjatorem, wraz z doc. J. Rautuszkiwiczem, prof. B. Susłą i prof. R. Wiesendangerem z University of Hamburg, zorganizowania Międzynarodowego Sympozjum pod nazwą „Scanning Probe Spectroscopy and Related Techniques”. Sympozjum to przerodziło się w cykliczną konferencję odbywającą

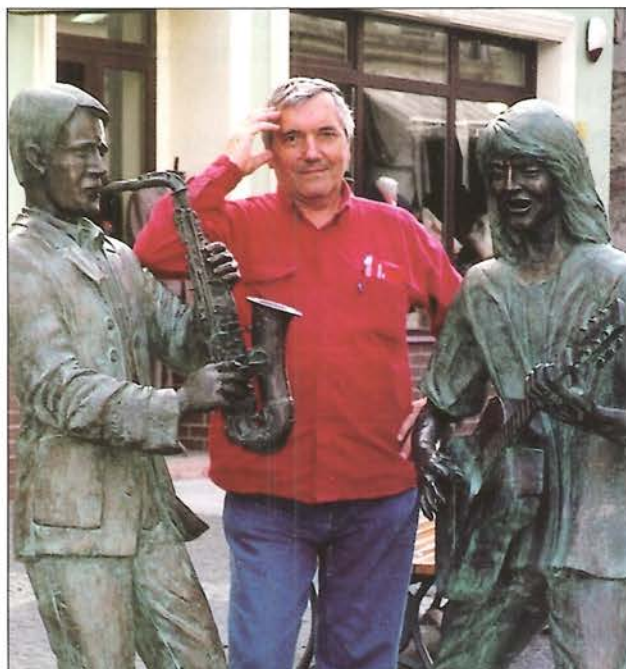
się co trzy lata naprzemiennie w Poznaniu i w Hamburgu. Był współprzewodniczącym Konferencji począwszy od trzeciej edycji. Piąta edycja odbyła się w 2009 r.

W roku 2010 był współprzewodniczącym IV Krajowej Konferencji Nanotechnologii zorganizowanej na terenie Politechniki Poznańskiej.

Od roku 1979 jest członkiem Polskiego Towarzystwa Fizycznego, pełnił funkcję sekretarza Oddziału Poznańskiego i korespondenta Postępów Fizyki. Od roku 2008 jest także członkiem Polskiego Towarzystwa Próżniowego.

Pełnił funkcje Dyrektora Instytutu Fizyki, a obecnie jest Prodziekanem Wydziału Fizyki Technicznej PP i kierownikiem Studiów Doktoranckich na WFT.

Żonaty od 1978 r., ma dwóch synów, którzy są absolwentami Akademii Ekonomicznej w Poznaniu. Główne hobby to... praca zawodowa, w szczególności kształcenie doktorantów w zakresie nanotechnologii, popularyzacja fizyki i nanotechnologii wśród młodzieży szkolnej. Lubi dobre filmy, muzykę jazzową, jest wiernym kibicem drużyny Lecha Poznań.



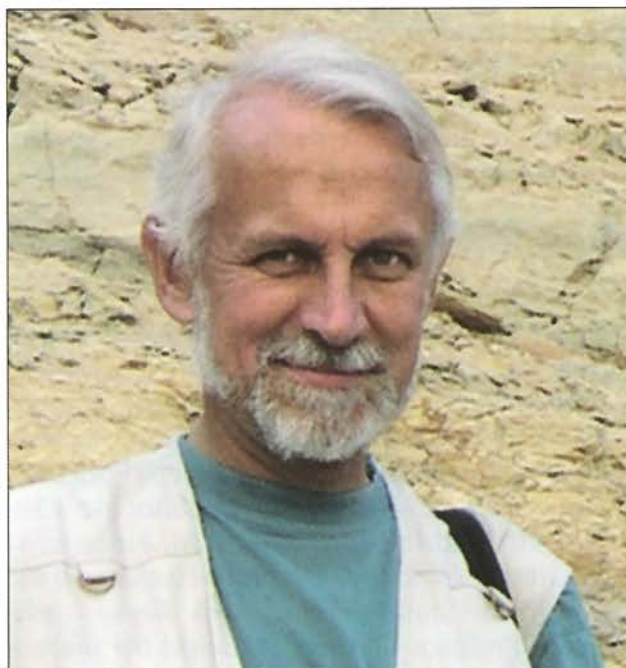
Tadeusz Groń

Urodził się 21 stycznia 1953 roku we wsi Mystków, 6 km na wschód od Nowego Sącza. Wykształcenie średnie uzyskał w I Liceum Ogól-

nokształcącym im. Jana Długosza w Nowym Sączu, wówczas obchodzącym 150-lecie swego istnienia. Zdobył w nim solidne podstawy z nauk przyrodniczych, zwłaszcza z matematyki pod kierunkiem Pani prof. Reginy Sadowy oraz z języka angielskiego pod kierunkiem Pani prof. Anieli Śmiałek. Na studia wyjechał do Krakowa. Na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Elektroniki Akademii Górniczo-Hutnicznej im. Stanisława Staszica studiował fizykę techniczną. Profesor Tomasz Stobiecki był promotorem jego pracy magisterskiej nt. „Anomalnego efektu Halla w amorficznych cienkich warstwach ferrimagnetycznych stopu GdCo”. Tematyka ta na tyle go pochłonęła, że fizyka stała się jego pasją. Na trzecim roku studiów poznał przyszłą żonę Bożenę w pociągu jadącym z Katowic do Krynicy Zdroju. Pobrali się po dwóch latach. Mają trzech synów Tomasa (ekonomista), Krzysztofa (policjant) i Sławomira (żołnierz zawodowy). Po odbyciu rocznego stażu na AGH, w roku 1979 został przyjęty na stanowisko asystenta w Zakładzie Fizyki Krysztalów Instytutu Fizyki Uniwersytetu Śląskiego kierowanym przez prof. dr hab. Je-

zego Warczewskiego. Zmiana miejsca zatrudnienia wiązała się ze zmianą tematyki naukowej. W Katowicach prowadzi głównie badania zjawisk transportu elektronowego w materiałach o strukturze spinelowej oraz tlenkach metali przejściowych i metali ziem rzadkich. W roku 1989 z tematyki spinelowej obronił pracę doktorską w Instytucie Fizyki PAN w Warszawie. Promotorem był prof. dr hab. Jerzy Warczewski. Tematykę tę rozwijał dalej publikując w roku 1994 w czasopiśmie naukowym *Philosophical Magazine B* model wakansowy, tłumaczący niektóre aspekty zjawisk transportu elektronowego w spinelach. W tym samym roku będąc na stypendiach DAAD i DFG w Uniwersytecie w Getyndze w Niemczech, zweryfikował eksperymentalnie model wakan-

sowy w oparciu o technikę anihilacji pozytonów. Prace z tego zakresu stały się podstawą habilitacji, którą uzyskał w roku 1997 na Wydziale Fizyki i Techniki Jądrowej AGH w Krakowie. Na Uniwersytecie w Getyndze prowadził też badania zjawisk transportu elektronowego wymuszonego gradientem temperatury. Z tematyki tej wypromował dwóch doktorów oraz trzech magistrów. Jego dorobek naukowy obejmuje 82 pozycje wydane drukiem, w tym współautorstwo w dwóch książkach: *Microcomputer in Physics Experiment* i *Double Exchange in Heusler Alloys and Related Materials* oraz 98 komunikatów na konferencje krajowe i międzynarodowe. W dniu 30 grudnia 2009 roku otrzymał nominację profesorską z rąk Prezydenta RP Lecha Kaczyńskiego.



■ Andrzej Krasieński

Urodzony 19.10.1946 w Warszawie
1960–1964: Liceum im. T. Reytana, Warszawa
1964–1969: Studia na Wydziale Fizyki UW
1969–1973: Studia doktoranckie na Wydziale Fizyki UW; promotor: prof. Jerzy Plebański.
1973–1986: Adiunkt w Centrum Astronomicznym im. M. Kopernika, PAN (CAMK)
1981–1982: stypendysta Fundacji Humboldta w Instytucie Astrofizyki Maxa Plancka w Garching k. Monachium (w grupie prof. J. Ehlersa).

1983: stypendysta Deutsche Forschungsgemeinschaft na Wydziale Fizyki Uniwersytetu w Konstanz.

1985: dr hab., stopień nadany przez Radę Wydziału Fizyki UW.

1986 – do chwili obecnej: docent w CAMK

1989 – wykłady na Wydz. Matematyki Uniwersytetu Stanu Colorado w Boulder (USA)

2010 – tytuł profesora.

1989–1997 i 2004–2013: Przedstawiciel Polski w International Committee for General Relativity and Gravitation

1996–2002 i 2006 – bezterminowo: członek komitetu redakcyjnego *General Relativity and Gravitation*, redaktor działu "Golden Oldies" (przedruków klasycznych starych prac).

Uprawiana tematyka: teoria względności, w latach 1977 – 2000 także programowanie algebraiczne. Jest współautorem programu komputerowego do obliczeń algebraicznych o nazwie *Ortocartan*. W teorii względności zajmował się kolejno następującymi tematami:

- rozwiązania równań Einsteina dla wirującej cieczy
- uogólnienia modeli kosmologicznych Robertsona – Walkera
- przegląd literatury na temat niejednorodnych modeli kosmologicznych (pierwsza monografia w Cambridge U.P.)
- modele kosmologiczne dopuszczające rotację

- zastosowanie modeli kosmologicznych Lemaitre'a – Tolmana i Szekeresa do ścisłego opisu powstawania i ewolucji struktur we Wszechświecie (dwie pozostałe książki w Cambridge U.P.).

Wykłady w Polsce:

- teoria względności, analiza matematyczna.

Wykłady w USA:

- rachunek różniczkowy i całkowy, algebra liniowa i teoria macierzy.

Publikacje: ponad 160, w tym: 2 monografie i 1 podręcznik wydane w Cambridge University Press, 38 prac w czasopismach „filadelfijskich” opartych na własnych badaniach, teksty referatów z konferencji, raporty techniczne związane z programowaniem, arty-

kuły przeglądowe i popularno-naukowe, noty edytorskie do prac przedrukowywanych w Gen. Rel. Grav.

Hobby: góry, głównie Tatry – turystyka letnia, zimowa i narciarska, zbieranie (i czytanie) literatury o Tatrach. Poznawanie niezwykłych krajobrazów i turystyka rowerowa.

Żona: Krystyna z domu Chmielewska, poślubiona w 1972, pedagog, obecnie na emeryturze.

Syn: Antoni, ur. 1975, chemik pracujący w Mountain View w Kalifornii.

Córka: Julia, ur. 1977, nauczycielka angielskiego w liceum w Warszawie.

Wnukowie: Jan (ur. 2007) i Maksymilian (ur. 2010).



Lidia Barbara Smentek

Całe jej życie związane było i jest z Kopernikiem; nie tylko z powodu tego samego miejsca urodzenia. Kształcona była w klasie matematycznej w słynnym (od czasów Łukasza Watzenrode i Kopernika) Gimnazjum Kopernika w Toruniu, z przeznaczeniem na przyszłe studia matematyczne, co było ideą Profesora L. Jeśmanowicza z Instytutu Matematyki UMK, eksperymentującego wtedy z gimnazjalistami, czy są zdolni do pojmowania tzw. matematyki wyższej. W tajemnicy jednak wzięła udział w olimpiadzie fizycznej (oprócz matematycz-

nych) i wtedy otworzył się przed nią wielki świat Instytutu Fizyki UMK, a wrażenie ze spotkania z Profesorem A. Jabłońskim utwierdziło ją w stanowczo podjętej decyzji, że będzie studiowała fizykę; na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika. Faktycznie, postanowiła zostać fizykiem w piątej klasie szkoły podstawowej, kiedy na lekcji fizyki poczuła odskakujące stawy łokciowe po podłączeniu się do maszyny elektrostatycznej. Choć, w skrytości ducha zawsze marzyła, żeby być projektantem mody. Niestety, nie jest to jedyne marzenie, jakiego nie udało się jej spełnić i nadal uporczywie, bo ciągle bez skutku, poszukuje w sobie talentu artystycznego.

Jej umiejętności zawodowe są splotem przekazanej wiedzy i norm etycznych odziedziczonych po wybitnościach naukowych, jakich miała szczęście spotkać na drodze poznawania tajemnic Przyrody. Całe to bogactwo wpisane jest na kanwę własnych doświadczeń zdobytych w ciągu 40 lat pracy naukowej. Pracę magisterską z rodzącej się wtedy biofizyki przygotowała pod kierunkiem Józefa Stanisława Kwiatkowskiego. Pierwszy etap studiów zakończony został granatowym dyplomem, czyli wyróżnieniem najlepszego absolwenta fizyki UMK 1971 roku. Promotorem jej pracy doktorskiej był Karol Jankowski, który ze stażu naukowego w Kanadzie przywiózł głębokie zainteresowanie nową dziedziną: spektroskopią jonów ziem rzadkich. Przez zrządzenie losu, przez 13 lat miała szczęście współpracować z jednym z twórców teorii jonów ziem rzadkich, Brianem Wybourne'm, który w 1990 roku postanowił wy-

emigrować z rodzinnej Nowej Zelandii i podjął pracę w gabinecie obok jej pokoju; na UMK, w Toruniu.

Ścisłe teoretyczne badania własności spektroskopowych lantanowców, oparte na jej unikalnych w skali światowej obliczeniach typu *ab-initio*, odnalazły swoje ważne miejsce w spektakularnych zastosowaniach. Zgromadzone doświadczenie teoretyczne pozwoliło jej na prowadzenie badań nad architekturą i własnościami spektroskopowymi organicznych klatek skoordynowanych z jonami ziem rzadkich, wykorzystywanych jako sondy diagnozujące nieinwazyjnie (spektroskopowo) obecność komórek rakowych w różnych tkankach. Układy te wykorzystywane są również do leczenia choroby nowotworowej przez dostarczanie leków bezpośrednio do chorego miejsca, zastępując ogólną chemioterapię niszcząca również zdrowe komórki całego organizmu. Skoordynowanie klatki z radioaktywnym izotopem lantanowca pozwala jednocześnie na zastąpienie standardowej radioterapii naświetlaniem punktowym, dokładnie w miejscu, gdzie znajdują się komórki rakowe i dokąd sonda jest skierowana dzięki swojej chemicznej budowie, dostosowanej do obecnych receptorów.

Spektroskopii jonów ziem rzadkich i jej zastosowaniom jest wierna od początków swojej kariery naukowej do chwili obecnej, chociaż na przestrzeni lat wzbogacała swój warsztat pracy fizyka teoretyka doświadczeniami zdobytymi w trakcie zagranicznych staży. Przełomowym w jej życiu zawodowym był wyjazd w 1982 roku do Computer Science Department, prestiżowego Vanderbilt University w Nashville (USA), gdzie przez rok pracowała pod kierunkiem Charlotte Froese Fischer, uczennicy i ostatniej doktorantki Hartree. Był to również początek jej trwałych związków z Vanderbilt University, a w szczególności z Department of Chemistry, gdzie od 1994 roku jest profesorem chemii. Tytuł ten zo-

bowiżał ją do pracy również na pograniczu fizyki i chemii, z przewagą chemii kwantowej i odcieniem nawet jej biologicznych i medycznych zastosowań. Faktycznie, zainteresowała się biosyntezą sterydów, w szczególności cholesterolu. Poznanie mechanizmu jego formowania jest kluczowym punktem w znalezieniu innego sposobu blokowania powstawania złożeń w naczyniach krwionośnych, niż stosowanie statyn. Drugim zagadnieniem, nad jakim pracuje, jest ewolucja roślin, które wytwarzają terpeny. Głównym problemem jest zrozumienie chemii tych procesów w celu opracowania mechanizmu wpływu minimalnych mutacji białek na tworzenie, czyli wydzielanie przez rośliny, zupełnie nowych i różnorodnych związków chemicznych. Badania te stwarzają możliwość chemicznego manipulowania procesami prowadzącymi do „produkowania” roślin o wymaganych/oczekiwanych własnościach.

W swoim dorobku naukowym ma dwie książki (jedna – monografia współ-autorska z Brianem Wybourne’em) i przeszło 90 publikacji w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym, z których, jako fizyk, najwyżej cenę pracę opublikowaną w 2008 roku w *Nature-Chemical Biology*. Do tego, jako twórczość dodatkową, dolicza przeszło 40 publikacji popularno-naukowych i popularnych.

Przez 3 lata była Member-at-Large Executive Committee of Forum on International Physics, American Physical Society; jest członkiem Zarządu Sekcji Kobiet PTF, należy do American Association of University Women. Jej najnowszą misją do spełnienia jest... zorganizowanie w Polsce muzeum Alberta Abrahama Michelsona.

Mimo rozwiniętej kariery naukowej, jej kariera zawodowa składa się zaledwie z dwóch epizodów: od 1971 roku pracuje w Instytucie Fizyki UMK, gdzie od 1979 roku jest adiunktem.

■ Nowi członkowie PAN

Na 114 sesji Zgromadzenia Ogólnego PAN, w dniu 27 maja 2010, odbyły się wybory nowych członków. W Wydziale III Nauk Matematycznych, Fizycznych i Chemicznych członkami rzeczywistymi zostali m.in. fizycy Tomasz Dietl i Robert Gałgźka, a członkami korespondentami fizycy: Józef Barnaś, Ryszard Horodecki i Marek Pfützner, oraz astrofizyk – Paweł Haensel.

Tomasz Dietl (ur. 1950) jest profesorem w Instytucie Fizyki PAN w Warszawie, gdzie kieruje Laboratorium Kriogeniki i Spintroniki oraz Zespołem Zjawisk Spinowych IF PAN. Jego specjalnością naukową jest fizyka półprzewodników i fizyka niskich temperatur. Zajmuje się nanotechnologią (aspektami doświadczalnymi i teoretycznymi), spintroniką półprzewodnikową oraz fizyką układów nieuporzędkowanych i mezoskopowych. Dietl jest autorem lub współautorem ponad 230 oryginalnych prac naukowych oraz wielu artykułów przeglądowych i rozdziałów w monografiach; prace te cytowane były ponad 7500 razy. Jest laureatem wielu prestiżowych wyróżnień – m.in. Nagrody im. Marii Skłodowskiej – Curie PAN, Nagrody Naukowej Fundacji Humboldta, Nagrody Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, a za pionierskie prace z dziedziny spintroniki półprzewodnikowej otrzymał nagrodę „Agilent Technologies Europhysics Prize” Europejskiego Towarzystwa Fizycznego. Dietl prowadzi ożywioną współpracę z zagranicą; kierował i kieruje wieloma projektami badawczymi; w roku 2008 jako pierwszy Polak otrzymał grant w ramach prestiżowego konkursu „Idee” Europejskiej Rady badań (ERC). Od roku 1998 jest członkiem korespondentem PAN.

Robert R. Gałgźka (ur. 1937) jest emerytowanym profesorem w Instytucie Fizyki PAN w Warszawie. Jest on twórcą nowego działu fizyki – fizyki półprzewodników półmagnetycznych, a także polskiej szkoły fizyki półmagnetyków. Zajmował się też eksperymentami technologicznymi w kosmosie; pierwszą w skali światowej udaną próbę uzyskania monokryształów półprzewodników z wąską przerwą energetyczną przeprowadził na stacji kosmicznej Salut 6. Jest światowym autorytetem w fizyce półprzewodników i w technologii kos-

micznej; wybrano go na członka korespondenta, a potem członka rzeczywistego Międzynarodowej Akademii Astronautycznej (IAA). Był też przewodniczącym Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN, a obecnie jest przewodniczącym Komitetu Fizyki PAN.

Józef Barnaś (ur. 1951) jest fizykiem teoretykiem, profesorem na Uniwersytecie Adama Mickiewicza w Poznaniu, gdzie kieruje Zakładem Fizyki Mezoskopowej. Przedmiotem jego zainteresowań są m.in. fizyka układów nanoskopowych, elektronika mezoskopowa i spinowa, nanoelektronika oraz gigantyczny magnetoopór. To ostatnie zjawisko zostało przez Barnasia opisane i wyjaśnione, zaobserwowali je zaś Grünberg i Fert, którzy dostali za to w roku 2007 Nagrodę Nobla.

Prace naukowe Barnasia były cytowane 3760 razy. Jego osiągnięcia naukowe były wielokrotnie nagradzane, m.in. Nagrodą im. Marii Skłodowskiej-Curie PAN, Medalem Smoluchowskiego i Nagrodą Fundacji na rzecz Nauki Polskiej.

Ryszard Horodecki (ur. 1943) jest dyrektorem Krajowego Centrum Informatyki Kwantowej i kierownikiem Zakładu Optyki i Informacji Kwantowej na Uniwersytecie Gdańskim. Zajmuje się informatyką kwantową i podstawami mechaniki kwantowej. Do jego najważniejszych osiągnięć badawczych należy m.in. odkrycie tzw. świadków splątania (metody detekcji splątania kwantowego), odkrycie zjawiska związanego splątania, opracowanie uniwersalnego schematu kwantowej kompresji informacji. Jego 70 prac naukowych cytowano ok. 3800 razy. Horodecki jest laureatem wielu nagród, m.in. Nagrody Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, za „wkład w stworzenie podstaw teoretycznych informatyki kwantowej”, oraz Nagrody zespołowej im. Wojciecha Rubinowicza za „teoretyczne prace na temat informacji kwantowej i właściwości stanów kwantowych”.

Marek Pfützner (ur. 1959) jest profesorem w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego; zajmuje się doświadczalną fizyką jądrową. Jego zainteresowania dotyczą wytwarzania i badania nuklidów dalekich od ścieżki trwałości beta, promieniotwórczości dwuprotonowej, badania izomerii jądrowej i efektów radiacyjnych w przemianach beta. Opublikował ponad 170 prac, które cytowano

ok. 4100 razy. Za swoje osiągnięcia naukowe otrzymał liczne nagrody, m. in. Nagrodę im. Zdzisława Szymańskiego, a za doświadczalne potwierdzenie istnienia nowego rodzaju promieniotwórczości – rozpadu dwuprotonowego – Nagrodę Fundacji na rzecz Nauki Polskiej w dziedzinie nauk ścisłych.

Paweł Haensel (ur. 1945) jest profesorem w Centrum Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika PAN w Warszawie, światowym autorytetem w badaniach gwiazd neutronowych. Pracę naukową rozpoczynał jako fizyk teoretyk specjalizujący się w teorii jądra atomowego. Rozważał on możliwość istnienia gwiazd zbudowanych z kwarków, i zaproponował gwiazdy kwarkowe jako możliwe źródła błysków gamma; propozycja ta jest nadal aktualna i tłumaczy brak stowarzyszonego z błyskiem wyrzutu materii barionowej. W ostatnich latach Haensel pracuje wraz z fizykami z Instytutu Joffego nad różnymi aspektami fizyki gwiazd neutronowych – m.in. równaniem stanu, lepkością, dysypacją pól magnetycznych i emisją neutrin. Jego publikacje były cytowane ponad 3800 razy. Jest również współautorem monografii *Neutron Stars, Structure and Physical Processes* (2007).

(Opr. na podst. Materiałów na 114 sesję Zgromadzenia Ogólnego PAN)

■ Nowy członek PAU

Polska Akademia Umiejętności na Walnym Zgromadzeniu w dniu 19 czerwca 2010 wybrała nowych członków. Członkiem korespondentem Wydziału III Matematyczno-Fizyczno-Chemicznego został Jerzy Jurkiewicz, fizyk teoretyk.

Jerzy Jurkiewicz (ur. 1947) jest profesorem w Uniwersytecie Jagiellońskim, dziekanem Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej oraz kierownikiem Zakładu Teorii Układów Złożonych. Jego zainteresowania naukowe obejmują m.in. wykorzystanie metod numerycznych do badania teorii pola, modele macierzy przypadkowych, dwuwymiarowe teorie powierzchni przypadkowych, układy z dynamiczną geometrią. W ostatnich latach uzyskał niezwykle interesujące wyniki w badaniu kwantowej grawitacji. Jego publikacje były dotychczas cytowane ponad 900 razy. Kierowane przez niego Cen-

trum Badań Układów Złożonych im. Marka Kaca zajmuje się integracją badań naukowych w obszarze fizyki teoretycznej, biofizyki teoretycznej i optyki kwantowej. Jurkiewicz jest laureatem Nagrody im. Wojciecha Rubinowicza.

■ Wieści z Torunia – wycieczka do Odolanowa

Toruński Oddział PTF zorganizował wycieczkę do Oddziału PGNiG w Odolanowie (<http://www.pgnig.pl/odolanow>), zakładu zajmującego się produkcją ciekłego helu. Odbyła się ona 26 maja 2010 r., a wzięli w niej udział chętni pracownicy, doktoranci i studenci Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UMK, jak również uczniowie toruńskiego Liceum Akademickiego. Po przybyciu do Odolanowa uczestnicy zwiedzili najpierw sam zakład. Zostali zapoznani z jego historią, aktualnym statusem i cyklami produkcyjnymi, a następnie zobaczyli sterownię, instalacje odgazowywania, magazyn i centrum załadunku. Drugim etapem wycieczki była wizyta w Zakładzie Fizyki Niskich Temperatur Instytutu Fizyki PAN (<http://www.ifmpan.poznan.pl/scientific.php?div=14>), w którym doc. dr hab. Wojciech Kempniński i doc. dr hab. Zbigniew Trybuła zaprezentowali podstawowe zagadnienia związane z niskimi temperaturami oraz zjawisko nadciekłości (pajak Kapicy). Uczestnicy zgodnie określili wyjazd mianem bardzo udanego.

Winićusz Drozdowski

■ Pomorskie święto nauki

W dniach 27-30 maja już po raz ósmy odbył się Bałtycki Festiwal Nauki zorganizowany przez wyższe uczelnie reprezentowane w Radzie Rektorów Województwa Pomorskiego, która jest inicjatorem festiwalu, przy współudziale instytutów naukowych Polskiej Akademii Nauk, jednostek badawczo-rozwojowych oraz związanych z nauką środowisk pozauczelnianych. Zgłoszonych zostało 808 wydarzeń, które odbyły się między innymi w: Gdańsku, Gdyni, Sopocie, Słupsku, Elblągu, Miastku, Lęborku, Pelplinie, czy też Malborku. Podczas wykładów, pokazów laboratoryjnych, warsztatów, wystaw oraz pikni-

ków naukowcy prezentowali mieszkańcom Wybrzeża i regionu przeszło 40 dyscyplin naukowych, którymi zajmują się na co dzień.

Wzorem lat ubiegłych organizatorzy przygotowali wiele nietuzinkowych atrakcji dla pasjonatów nauk ścisłych i przyrodniczych. Prezentacje były zróżnicowane pod względem trudności – niektóre przygotowano z myślą o najmłodszych, inne zaś skierowane były do młodzieży szkolnej oraz dorosłych. Każdy mógł skorzystać z niepowtarzalnej szansy, aby samemu powąchać, dotknąć, sprawdzić, zobaczyć... A było co zwiedzać!

Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki Uniwersytetu Gdańskiego zorganizował wykłady, pokazy i spotkania na temat podstawowych praw fizyki w doświadczeniu, tajemnego świata fotonów, grawitacji, próżni, nanotechnologii oraz warsztaty podczas których uczestnicy mogli symulować działanie maszyn w wirtualnej

rzeczywistości. A oto niektóre tytuły: „Paranoja świata kwantów”, „Chemiluminescencja”, „Nanotechnologie i sygnały świetlne”, „Meandry energetyki”. Bogatą ofertę stworzył też Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Gdańskiej. Uczestnicy festiwalu nie tylko mogli poznać podstawowe prawa fizyki, ale także dowiedzieć się dlaczego fizyka jest zmysłowa, co to jest jonolot, stworzyć ferromagnetycznego jeża lub bańkę mydlaną wielkości piłki plażowej. Ofertę uzupełnił Instytut Maszyn Przepływowych PAN o pokaz najnowszych zastosowań laserów, plazmy mikrofalowej, czy też metod skanowania 3D. Tradycyjnie już na Pomorskiej Akademii Pedagogicznej zaprezentowano zabawki fizyczne, które w pomysłowy i niekiedy dowcipny sposób demonstrują działanie złożonych praw przyrody.

Tomasz Jarosław Wąsowicz

- ▶ **ARCHIWUM**
spisy treści wszystkich zeszytów
- ▶ **ARTYKUŁY DO POBRANIA**
m.in. przekłady wykładów noblowskich (Wolfgang Ketterle, Raymond Davis Jr., Masatoshi Koshiha, 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**
Romuald Józwicki, Technika laserowa i jej zastosowania, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009

Eugeniusz Łągiewka, Antoni Budniok, Struktura, właściwości i metody badań materiałów otrzymanych elektrolitycznie, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 2010

James B. Hartle, GRAWITACJA Wprowadzenie do ogólnej teorii względności Einsteina, Przełożył Piotr Amsterdamski, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2010

WKRÓTCE W POSTĘPACH

- *Łukasz Cywiński i Tomasz Dietl o izolatorach topologicznych*
- *Ludwik Dobrzyński o zastosowaniach twierdzenia Bayesa*
- *Ryszard Horodecki przedstawi swój kolejny wiersz*
- *Grzegorz Karwasz o interdyscyplinarnej wystawie interaktywnej z optyki*
- *Grzegorz Jeziński o konstrukcji i zastosowaniach lamp rentgenowskich*
- *Zbigniew Jacyna-Onyszkiewicz o termodynamice kwantowej*
- *Włodzimierz Skoczny o niechcianej historii nauki*

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 Postęпах 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: Postępy 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 Postęпах Fizyki. Nasze czasopismo dociera do większości polskich fizyków, z których wielu decyduje o bieżących zakupach uczelni, instytutów i szkół. Zainteresowanych prosimy o kontakt z redakcją pod adresem: postepy@fuw.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>).

W centrum zarządzania LHC. W środku,
w okularach dr Andrzej Siemko
z Warszawy, obecnie pracownik CERN
(patrz artykuł str. 121)

LHC First Physics
CERN Centre for First Physics | www.cern.ch





Szampan dla
uczczenia sukcesu:
w CERN ruszył LHC!
(patrz artykuł str. 121)